

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
М.П.Головин
подпись инициалы, фамилия
« » 20 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
15.03.05-Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

**Разработка конструкции двухступенчатого соосного цилиндрического зубчатого
редуктора и технологического процесса его изготовления**

Руководитель


подпись, дата

доцент, канд.тех.наук.
должность, ученая степень,

Е.Г. Зеленкова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

доцент, канд.тех.наук.
должность, ученая степень,

Е.Г. Зеленкова
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Т.В. Киселева
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
М.П.Головин
подпись инициалы, фамилия
« » 20 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
15.03.05-Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

**Разработка конструкции двухступенчатого соосного цилиндрического зубчатого
редуктора и технологического процесса его изготовления**

Руководитель


подпись, дата

доцент, канд.тех.наук.
должность, ученая степень,

Е.Г. Зеленкова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

доцент, канд.тех.наук.
должность, ученая степень,

Е.Г. Зеленкова
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Т.В. Киселева
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	5
1.1 Режим работы и фонды времени	5
1.2 Расчет по программе выпуска	5
1.3 Тип, форма и условия организации производства	6
2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА	7
2.1 Кинематическая схема машинного агрегата	7
2.2 Кинематический и силовой расчет привода	8
2.2.1 Выбор электродвигателя. Разбивка передаточных чисел по ступеням	8
2.2.2 Определение частот вращений и угловых скоростей валов	10
2.2.3 Силовые параметры привода	10
2.3 Обоснование выбора марки редуктора	11
2.4 Выбор муфты	11
2.5 Расчет ременной передачи	13
2.6 Расчет цилиндрических передач	15
2.6.1 Тихоходная передача (цилиндрическая прямозубая)	16
2.6.2 Быстроходная передача (цилиндрическая прямозубая)	17
2.7 Проектирование валов и компоновка редуктора	18
2.7.1 Диаметры быстроходного вала	18
2.7.2 Диаметры промежуточного вала	19
2.7.3 Диаметры тихоходного вала	19
2.7.4 Расстояния между деталями передач	20
2.8 Конструирование корпусных деталей	20
2.8.1 Корпус редуктора	21
2.8.2 Конструктивное оформление опорной части корпуса	21
2.8.3 Крышки люков	21
2.9 Смазывание, смазочные устройства и уплотнения	22
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ	23
3.1 Служебное назначение узла	23
3.2 Выбор методов достижения точности	24
3.3 Анализ технологичности конструкции изделия	28
3.3.1 Требование к составу	28
3.3.2 Требование конструкции соединений составных частей	29
3.3.3 Требования к точности и методу сборки	29
3.4 Разработка технологического процесса сборки	29
3.5 Технологические требования	31
3.6 Проектирование технологических операций сборки	31

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Киселева Т.В.			<i>Разработка конструкции двухступенчатого соосного цилиндрического зубчатого редуктора и технологического процесса его изготовления</i>	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Зеленкова Е.Г.					2	91
Реценз.		.				<i>КТомСП</i>		
Н. контр.		Зеленкова Е.Г.						
УТВ.		Головин М.П.						

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУС	38
4.1 Служебное назначение	38
4.2 Анализ технологичности	40
4.3 Методы и схемы контроля	41
4.3.1 Точность размеров	44
4.3.2 Точность формы	44
4.3.3 Качество поверхностного слоя	45
4.4 Выбор экономичного варианта получения исходной заготовки	45
4.5 Обоснование выбора технологических баз	48
4.6 Проектирование последовательности изготовления	52
4.7 Определение припусков и межоперационных размеров	56
4.8 Проектирование технологических операций механической обработки	68
4.8.1 Структура и содержание операций	68
4.8.2 Расчет режимов резания	70
4.8.3 Техническое нормирование	75
4.8.4 Анализ и расчет точности обработки	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	86
Приложение А Спецификация двухступенчатого цилиндрического редуктора	88
Приложение Б Спецификация привода редуктора	89
Приложение В Комплект документов технологического процесса сборки	90
Приложение Г Комплект документов технологического процесса механической обработки	91

ВВЕДЕНИЕ

Сущностью технологии машиностроения является учение о способах и процессах промышленного производства продукции заданного качества и в требуемом количестве. Современное развитие технологии машиностроения представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов совершенствования, прежде всего, методов обработки материалов, технологического оборудования, обрабатывающего и измерительного инструментов, а также теоретических и практических основ процессов обработки. Оно стимулируется усложнением конструкции изделий, повышением требований к качеству их изготовления и стремлением снизить себестоимость продукции, а также частой сменой объектов производства.

Использование много инструментальных станков с ЧПУ, оснащенных средствами механизации и автоматизации, позволяет проектировать технологические процессы обработки деталей с укрупненными насыщенными переходами операциями, уменьшить трудоемкость их изготовления и существенно сократить время технологической подготовки производства при частой смене номенклатуры выпускаемых изделий.

В современном производстве еще достаточно высока доля технологических процессов не в полной мере удовлетворяющих выше перечисленным требованиям. Поэтому внедрение прогрессивных методов размерной обработки деталей, экономически обоснованное применение высокопроизводительного оборудования, износостойкого комбинированного режущего инструмента, механизированной оснастки и средств автоматизации производственных процессов в механических цехах современных машиностроительных заводов становится весьма актуальным.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		4

1. Техническое задание

Заданием моего дипломного проекта является технологическая подготовка производства двухступенчатого редуктора. В соответствии с заданием необходимо разработать технологический процесс сборки цилиндрического двухступенчатого редуктора и механической обработки корпуса редуктора с годовой программой выпуска $N_r = 2500$ шт./год.

1.1 Режим работы и фонды времени

Календарное число дней – 366.

Количество выходных дней – 105.

Праздничных дней – 12.

Предпраздничных дней, сокращенных на 1 ч. – 6.

Рабочих суббот – 3.

Режим работы – двухсменный.

Продолжительность смены – 8,2 ч.

Определение номинального годового фонда времени работы оборудования и рабочих мест:

$$F_n = [(366 - 105 - 12 + 3) \cdot 8,2 - 6 \cdot 3] \cdot 2 = 4097 \text{ ч.} \quad (1.1)$$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования при 41-часовой неделе и 12 праздничных днях в году [1, с.31]:

1. Проведение слесарно-сборочных работ – $F_d = 3850$ ч.

2. Рабочие места с механизированными приспособлениями – $F_d = 4080$ ч.

1.2 Расчеты по программе выпуска

Суточное задание:

$$P_c = N/254 = 2500/254 = 10 \text{ шт.} \quad (1.2)$$

Размер партии запуска, определим из расчета суточного задания:

$$P_z = P_c \cdot a = 10 \cdot 6 = 60 \text{ шт.} \quad (1.3)$$

где $a = 6$ - периодичность запуска в днях.

Фактическое число изделий в партии в дальнейшем необходимо скорректировать по фактическому значению коэффициента загрузки оборудования (рабочих мест), определенному для условий спроектированного технологического процесса.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		5

Такт выпуска в механическом цехе:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_{\text{Д}}}{N} = \frac{60 \cdot 3850}{2500} = 92,4 \text{ мин} \quad (1.4)$$

Такт выпуска в сборочном цехе:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_{\text{Д}}}{N} = \frac{60 \cdot 4080}{2500} = 97,9 \text{ мин} \quad (1.5)$$

1.3 Тип, форма и условия организации производства

Тип производства на данном этапе проектирования определяем ориентировочно [1, с.27, таб.2.2], исходя из трудоемкости сборки и программы выпуска изделия. На основании базового варианта технологического процесса, используемого в мелкосерийном производстве, норма времени на сборку составляют 1 ч, при месячной программе выпуска – 20шт., следовательно, для проектируемой программы выпуска 2500 шт./год (210 шт./мес.) и предполагаемой трудоемкости сборки изделия 1 ч., принимаем серийное производство, согласно таблицы 1.

Таблица 1 – Определение типа производства при сборке изделий

Трудоемкость сборки изделия, ч.	Среднемесячный выпуск изделий, шт., при типах производства.				
	единич- ном	мелко серийном	серийном	крупно серийном	массо- вом
До 0,25	---	---	---	>> 1000 >> 6000	>>6000
>>0,25 >>2,5	---	до 80	>>81 >>800	>>801 >>4500	>>4500
>>2,5 >>25	>>8	>>9 >>60	>>51 >>600	>>601 >>3000	>>3000
>>25 >>250	>>5	>>6 >>30	>>31 >>350	>>351 >>1500	>>1500

Производство осуществляется по единичному технологическому процессу, на специализированных рабочих местах предметно-замкнутых участков. Механическая обработка корпусных деталей осуществляется с применением многоцелевых станков с ЧПУ. Данное оборудование обеспечивает быструю переналадку на изготовление деталей различной конфигурации. Операции механической обработки и слесарно-сборочные операции по длительности не синхронизируются, поэтому принимаем – не поточную форму организации производства.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		6

2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА

2.1 Кинематическая схема машинного агрегата

Привод предназначен для подачи сырья агломерационной машины.

Привод включает в себя электродвигатель, ременную передачу, цилиндрический двухступенчатый редуктор, муфту.

Вращающий момент с вала электродвигателя передается через клиноременную передачу на быстроходный вал двухступенчатого цилиндрического редуктора. Далее через цилиндрическую прямозубую передачу, передается на промежуточный вал редуктора, после чего посредством прямозубой цилиндрической передачи передается на выходной вал редуктора и далее через зубчатую муфту к исполнительному механизму конвейера. Кинематическая схема представлена на рисунке 1.

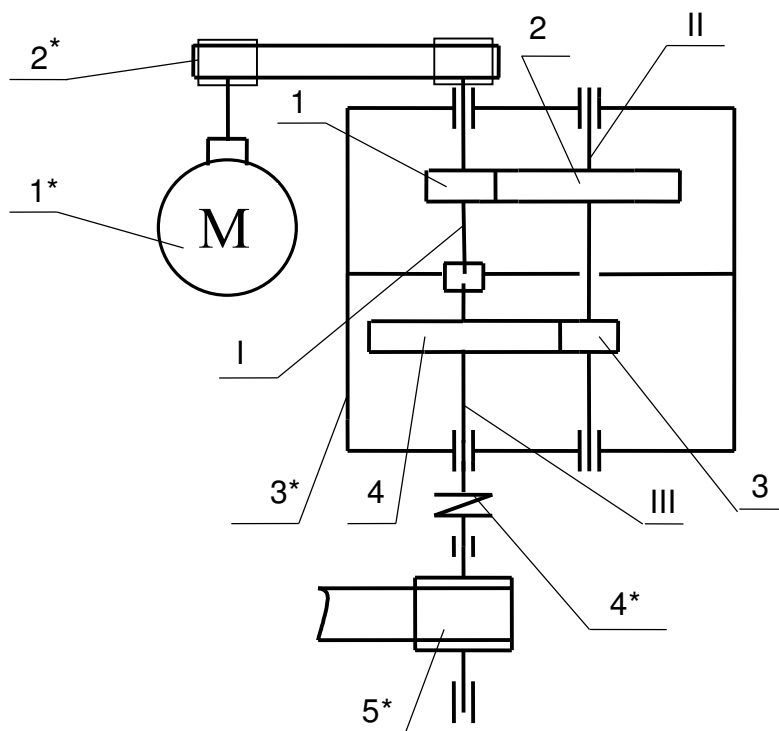


Рисунок 1 – Кинематическая схема привода ленточного конвейера.

1* – электродвигатель; 2* – клиноременная передача; 3* - редуктор (1, 2, 3, 4 – зубчатые цилиндрические колеса; I, II, III - валы редуктора: ведущий (быстроходный), промежуточный, ведомый (тихоходный); 4* – зубчатая муфта; 5* – исполнительный механизм конвейера

2.2 Кинематический и силовой расчет привода

2.2.1 Выбор электродвигателя. Разбивка передаточных чисел по ступеням

Выбор электродвигателя зависит от полезной силы, передаваемой лентой конвейера (транспортера), в моем задании на проектирование $P_v=3\text{кН}$.

Требуемая мощность электродвигателя:

$$P_{тр} = P_v / \eta = 3 / 0,876 = 3,42 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

где КПД привода равен произведению КПД передач, входящих в кинематическую схему равен /6/

$$\eta = \eta_{рем} \cdot \eta_{цил} \cdot \eta_{цил} \cdot \eta_{муф} = 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,98 = 0,876 \quad (2.2)$$

где КПД цилиндрической передачи $\eta_{цил} = 0,97$; КПД ременной передачи, $\eta_{рем} = 0,95$; КПД муфты, $\eta_{муф} = 0,98$; [19], [табл. 1.1, с. 7].

Выбираем электродвигатели серии АИР с мощностью 4 кВт:

АИР100S2 (3000\2850 об/мин),

АИР100L4 (1500\1410 об/мин),

АИР112MB6 (1000\950 об/мин),

АИР132S8 (750\716 об/мин).

Определим общее передаточное число привода для этих электродвигателей

$$u_{\Sigma i} = \frac{n_{вх}}{n_{вых}}, \quad (2.3)$$

где $n_{вх}$ – частота вращения электродвигателя;
 $n_{вых}$ – частота вращения на выходе привода.

$$n_{вых} = \frac{30 \omega_{вых}}{\pi} = \frac{30 \cdot 1,1}{\pi} = 10,5; \quad (2.4)$$

$$u_{\Sigma 3000} = \frac{2850}{10,5} = 271,4; \quad (2.5)$$

$$u_{\Sigma 1500} = \frac{1410}{10,5} = 134,3; \quad (2.6)$$

$$u_{\Sigma 1000} = \frac{950}{10,5} = 90,5; \quad (2.7)$$

$$u_{\Sigma 750} = \frac{716}{10,5} = 68,2. \quad (2.8)$$

Определим передаточное число редуктора.

$$u_{ред i} = \frac{u_{\Sigma i}}{u_{рем}}, \quad (2.9)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

где, $u_{\text{рем}}$ -передаточное число ременной передачи.

По рекомендациям примем передаточное число ременной передачи в диапазоне от 2 до 3.

$$u_{\text{ред}3000} = \frac{u_{\Sigma 3000}}{u_{\text{рем}}} = \frac{271,4}{2 \div 3} = 135,7 \div 90,5; \quad (2.10)$$

$$u_{\text{ред}1500} = \frac{u_{\Sigma 1500}}{u_{\text{рем}}} = \frac{134,3}{2 \div 3} = 67,2 \div 44,8 \quad (2.11)$$

$$u_{\text{ред}1000} = \frac{u_{\Sigma 1000}}{u_{\text{рем}}} = \frac{90,5}{2 \div 3} = 45,3 \div 30,2; \quad (2.12)$$

$$u_{\text{ред}750} = \frac{u_{\Sigma 750}}{u_{\text{рем}}} = \frac{68,2}{2 \div 3} = 34,1 \div 22,7. \quad (2.13)$$

Полученные данные сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет передаточных чисел

	2850 об/мин	1410 об/мин	950 об/мин	716 об/мин
$u_{\text{пр}}$	271,4	134,3	90,5	68,2
$u_{\text{рем}}$	$2 \div 3$	$2 \div 3$	$2 \div 3$	$2 \div 3$
$u_{\text{ред}}$	$135,7 \div 90,5$	$67,2 \div 44,8$	$45,3 \div 30,2$	$34,1 \div 22,7$
тип редуктора	ЦЗ, П2, КЦ2, ЦЧ	ЦЗ, П2, КЦ2, Ч	Ц2, П2, Ц2, Ч	Ц2, П2, КЦ, Ч

Рекомендуемый диапазон передаточных чисел для двухступенчатых цилиндрических редукторов находится в пределах от 8 до 40. Поэтому привода с электродвигателями 3000 и 1500 об/мин исключаем из расчета.

Принимаем стандартное передаточное число для редуктора 31,5 в приводе с электродвигателем 1000 об/мин.

Уточним передаточное число ременной передачи с учетом стандартного передаточного числа редуктора.

$$u_{\text{рем}1000} = \frac{u_{\Sigma 1000}}{u_{\text{ред}}} = \frac{90,5}{31,5} = 2,87. \quad (2.14)$$

Для привода используем ременную передачу с клиновым ремнем. Плоские ремни исключаем из рассмотрения, так как они имеют большие габариты по сравнению с клиновыми ремнями. Зубчато-ременную передачу тоже отбрасываем из рассмотрения ввиду ее большой стоимости и сложности изготовления.

Разбиваем передаточное число редуктора по ступеням.

Тихоходная ступень для соосного редуктора:

$$u_{\text{тих}} = 0,9\sqrt{u_{\text{ред}}} = 0,9\sqrt{31,5} = 5 \quad (2.15)$$

Быстроходная ступень:

$$u_{\text{быстр}} = \frac{u_{\text{ред}}}{u_{\text{тих}}} = \frac{31,5}{5} = 6,3 \quad (2.16)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		9

2.2.2 Определение частот вращений и угловых скоростей валов

Угловые скорости на валах:

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 99,4; \text{ с}^{-1} \quad (2.17)$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{\text{рем}}} = \frac{99,4}{2,87} = 34,6 \text{ с}^{-1} \quad (2.18)$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{\text{быстр}}} = \frac{34,6}{6,3} = 5,5 \text{ с}^{-1} \quad (2.19)$$

$$\omega_4 = \frac{\omega_3}{u_{\text{тих}}} = \frac{5,5}{5} = 1,1 \text{ с}^{-1} \quad (2.20)$$

Частоты вращения на валах:

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 950 \text{ об/мин}; \quad (2.21)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{\text{рем}}} = \frac{950}{2,87} = 331 \text{ об/мин}; \quad (2.22)$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{\text{быстр}}} = \frac{331}{6,3} = 49,4 \text{ об/мин}; \quad (2.23)$$

$$n_4 = \frac{n_3}{u_{\text{тих}}} = \frac{49,4}{5} = 10,5 \text{ об/мин}. \quad (2.24)$$

2.2.3 Силовые параметры привода

Мощности на валах:

$$P_1 = P_{\text{тр}} = 3,42 \text{ кВт}; \quad (2.25)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{рем}} = 3,42 \cdot 0,95 = 3,25 \text{ кВт}; \quad (2.26)$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{цил}} = 3,25 \cdot 0,97 = 3,15 \text{ кВт}; \quad (2.27)$$

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{\text{цил}} \cdot \eta_{\text{муф}} = 3,15 \cdot 0,97 \cdot 0,98 = 3 \text{ кВт}. \quad (2.28)$$

Крутящие моменты на валах:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = 34,4 \text{ Н*м}; \quad (2.29)$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = 93,9 \text{ Н*м}; \quad (2.30)$$

$$T_3 = \frac{P_3}{\omega_3} = 572,7 \text{ Н*м}; \quad (2.31)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10

$$T_4 = \frac{P_4}{\omega_4} = 2727 \text{ Н*м.} \quad (2.32)$$

Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты кинематического расчета

Вал	P, кВт	n, об/мин	ω , с ⁻¹	T, Н · м	$u_{\text{рем}}$	$u_{\text{быст}}$	$u_{\text{тих}}$
1	3,42	950	99,4	34,4	2,87	6,3	5
2	3,25	331	34,6	93,9			
3	3,15	49,4	5,5	572,7			
4	3	10,5	1,1	2727			

2.3 Обоснование выбора марки редуктора

Цилиндрические редукторы являются наиболее простыми и технологичными в процессе изготовления. А в связи с этим - наиболее распространенными в машиностроении и применяются для передачи вращения между параллельными или соосными валами.

Вследствие проведенных расчетов при проектировании редуктора, были получены данные, на основании которых определена марка редуктора:

Ц2У-320-31,5-12-У2.

1. Ц2У – обозначение типа редуктора (здесь речь идет про горизонтальный цилиндрический двухступенчатый редуктор);
2. 320 – межосевое расстояние в миллиметрах;
3. 31,5 – величина передаточного числа;
4. 12 – тип сборки;
5. У2 – климатическое исполнение и требования к месту эксплуатации.

2.4 Выбор муфты

Приближённый расчёт нагрузок, действующий на муфту в приводе:

$$T_K = K T_H = 1,2 * 2727 = 3772 \text{ Нм} \quad (2.33)$$

где: $T_H = 1427 \text{ Нм}$ - номинальный длительно действующий момент;

$K = 1,2$ - коэффициент режима работы.

Исходя из этого, ставим на выходном валу редуктора зубчатую муфту (рис. 2). Муфту выбираем по каталогу из библиотеки ПК «Компас» по диаметру вала.

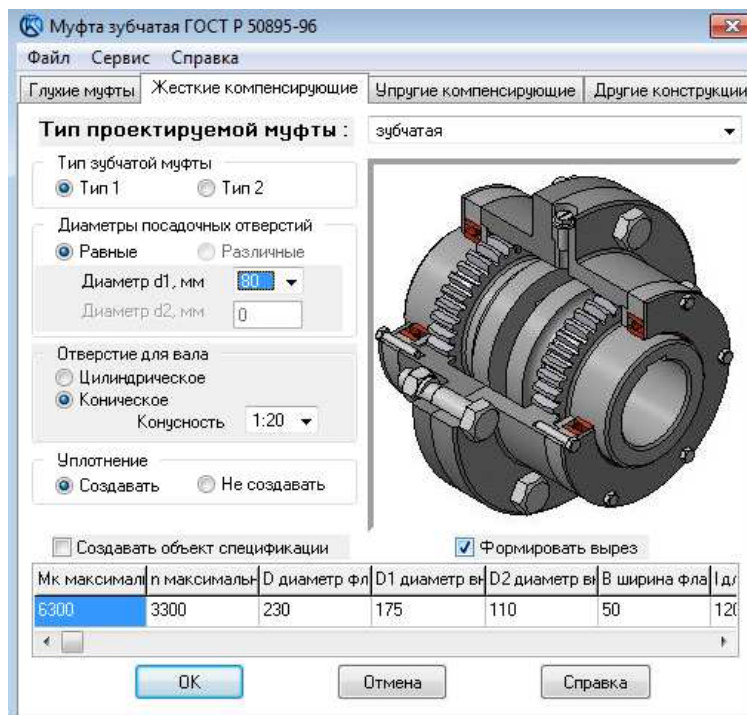


Рисунок 2– Муфта зубчатая

Муфты предназначены для передачи механической энергии – крутящего момента между двумя соединенными валами.

Для сглаживания изменений крутящего момента муфта должна обладать упругими свойствами, позволяющими демпфировать (смягчать) случайные изменения момента.

Соединяемые валы при монтаже механизмов будут иметь погрешности установки, которые можно группировать в виде:

- погрешности осевого смещения валов Δ_a ;
- погрешности радиального смещения валов Δ_r ;
- погрешности углового перекоса валов Δ_γ .

Детали зубчатых муфт изготавливают из углеродистых сталей типа 45, 40Х, 45Л коваными или литыми. Для повышения износостойкости зубья полумуфт подвергают термической обработке до твердости не ниже 40HRC, а зубья обойм – не ниже 35HRC.

Проверочный расчет зубчатых муфт после выбора типоразмера проводят из условия смятия зубьев:

$$\sigma_{см} = K \cdot \frac{M}{d^2 \cdot b \cdot 0,9} \leq [\sigma_{см}], \quad (2.34)$$

где: М - передаваемый крутящий момент, d–делительный диаметр делительной окружности, b – длина зуба, K=1,2 – коэффициент режима работы при спокойной нагрузке, $[\sigma_{см}] = 12..15$ МПа.

$$\sigma_{см} = 1,2 \cdot \frac{2727 \cdot 1000}{138^2 \cdot 20 \cdot 0,9} = 9,5 \leq [\sigma_{см}] \quad (2.35)$$

2.5 Расчет ременной передачи

При мощности 3,42 кВт и при скорости $v < 5$ м/с выбираем ремень типа А. Этот ремень имеет $b_p = 11$ мм; $h = 8$ мм; $A_0 = 81$ мм²; $l = (560 - 4000)$ мм.

Принимаем диаметр малого $D_1 = 112$ мм.

Скорость ремня:

$$v = \frac{\omega_1 D_1}{2} = \frac{99,4 * 112 * 10^{-3}}{2} = 5,6 \text{ м/с.} \quad (2.36)$$

Выбранный ремень типа А, при этой скорости допускается. Принимаем коэффициент скольжения $\varepsilon = 0,01$.

Диаметр большого шкива:

$$D_2 = i D_1 (1 - \varepsilon) = 2,87 * 100 (1 - 0,01) = 320,4 \text{ мм.} \quad (2.37)$$

Диаметр D_2 выбирают из ряда (мм): 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2250, 2500, 2800, 3150, 3350, 4000.

Принимаем $D_2 = 315$ мм.

Фактическое передаточное отношение u' :

$$u' = \frac{D_2}{D_1 (1 - \varepsilon)} = \frac{315}{112 * (1 - 0,01)} = 2,84, \quad (2.38)$$

отклонение от заданного < 4 %.

Ориентировочно принимаем минимальное межосевое расстояние 500 мм, так, чтобы редуктор не задевал за электродвигатель.

По таблице принимаем $\sigma_0 = 1,58$ МПа и $[k_0] = 1,76$ МПа.

Принимаем поправочные коэффициенты:

$$C_\alpha = 1;$$

$$C_v = 1,05 - 0,0005 v^2 = 1,05 - 0,0005 * 5,6^2 = 1,04; \quad (2.39)$$

$$C_p = 1;$$

$$C_\theta = 1.$$

Вычисляем допускаемую удельную окружную силу:

$$[k_\Pi] = [k_0] C_\alpha C_v C_p C_\theta = 1,76 * 1 * 1,04 * 1 * 1 = 1,83 \text{ МПа.} \quad (2.40)$$

Окружная сила:

$$F_t = \frac{P_1}{v} = \frac{3,42 * 10^3}{5,6} = 610 \text{ Н.} \quad (2.41)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

Площадь сечения и число ремней z :

$$A = z A_0 = \frac{F_t}{[k_n]} = \frac{610}{1,83} = 333 \text{ мм}^2; \quad (2.42)$$

$$z = \frac{A}{A_0} = \frac{333}{81} = 3.1, \text{ принимаем } z = 3. \quad (2.43)$$

Сделаем для проверки расчет ременной передачи в «Компас Shaft 2D», полученные данные сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – результаты проверочного расчета ременной передачи.

Исходные данные		
Предварительное передаточное отношение	2,87	
Предварительное межцентровое расстояние, мм	500	
Передаваемая мощность, кВт	3,42	
Частота вращения ведущего шкива, об/мин	950	
Коэффициент динамичности нагрузки и режима работы	1,3	
Тип ремня	кордошнуровой	
Определить параметры		
Диаметр шкива, мм	112	315
Действительное передаточное отношение	2,841	
Действительное межцентровое расстояние, мм	594	
Обозначение ремня	А ГОСТ 1284.1-89	
Длина ремня, мм	1700	
Количество ремней	3	
Окружная скорость, м/с	5,571	5,515
Угол канавки шкива, мм	34'00''	38'00''
Наружный диаметр шкива, мм	118,6	321,6
Глубина канавок шкива, мм	12	12
Ширина канавки по наружному диаметру шкива, мм	13	13,3
Расстояние между осями канавок, мм	15	15
Расстояние между осью крайней канавки и ближайшим торцом шкива, мм	10	10
Ширина шкива, мм	50	50
Расчет на выносливость		
Расчетное напряжение, МПа	3,416	
Допустимое напряжение, МПа	4,027	
Коэффициент запаса	1,179	

2.6 Расчет цилиндрических передач

Выбор материалов и допустимых напряжений зубчатых передач. Для прямозубой цилиндрической передачи.

Выбираем марку стали 40Х, термообработка – улучшение.

HB=235...262 – для колеса,

HB=269...302 – для меньшего диаметра заготовки,

$HB_1 = HB_2 + (20...30)$;

$HB_2 = 260$; $\Rightarrow HB_1 = 260 + 30 = 290$.

Определим контактное напряжение

$$[\sigma]_{H_1} = \frac{\sigma_{H_{01}} \cdot K_{H_L}}{S_H} \quad (2.44)$$

где $[\sigma]_{H_1}$ - допустимое напряжение шестеренки,

K_{H_L} – коэффициент долговечности (для базового числа циклов $K_{H_L} = 1$);

S_H - коэффициент безопасности;

$[\sigma]_{H_{01}}$ - предел выносливости для материала.

$$\sigma_{H_{01}} = 2HB_1 + 70 = 2 \cdot 290 + 70 = 650 \text{ МПа}. \quad (2.45)$$

$$[\sigma]_{H_1} = \frac{650 \cdot 1}{1,2} = 541,67 \text{ МПа}. \quad (2.46)$$

$$\sigma_{H_{02}} = 2HB_2 + 70 = 2 \cdot 260 + 70 = 590 \text{ МПа}. \quad (2.47)$$

$$[\sigma]_{H_2} = \frac{\sigma_{H_{02}} \cdot K_{H_L}}{S_H} = \frac{590 \cdot 1}{1,2} = 492 \text{ МПа}. \quad (2.48)$$

Определим допустимое напряжение на изгиб:

$$[\sigma]_{F_1} = \frac{\sigma_{F_{01}} \cdot K_{F_L}}{S_F}, \text{ где} \quad (2.49)$$

K_{F_L} - коэффициент долговечности = 1,

S_F - коэффициент безопасности (1,8...2,3),

$\sigma_{F_{01}}$ - предел выносливости по изгибным напряжениям

$$\sigma_{F_{01}} = 1,8 \cdot HB_1 = 1,8 \cdot 290 = 522 \text{ МПа} \quad (2.50)$$

$$[\sigma]_{F_1} = \frac{522 \cdot 1}{1,8} = 290 \text{ МПа}. \quad (2.51)$$

$$\sigma_{F_{02}} = 1,8 \cdot HB_2 = 1,8 \cdot 260 = 468 \text{ МПа} \quad (2.52)$$

$$[\sigma]_{F_2} = \frac{\sigma_{F_{02}} \cdot K_{F_L}}{S_F} = \frac{468 \cdot 1}{1,8} = 260 \text{ МПа}. \quad (2.53)$$

Расчет прямозубых передач ведут по меньшему значению $[\sigma]_H$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

2.6.1 Тихоходная передача (цилиндрическая прямозубая)

Проектный и проверочный расчет для закрытой цилиндрической прямо-зубой передачи.

Дано: $u_{\text{тнх}} = 5$; $P_2 = 3 \text{ кВт}$; $\omega_2 = 1,1 \text{ с}^{-1}$; $T_2 = 2727 \text{ Нм}$;

$P_1 = 3,15 \text{ кВт}$; $\omega_1 = 5,5 \text{ с}^{-1}$; $T_1 = 572,7 \text{ Нм}$.

При симметричном расположении шестерни относительно опор и постоянной нагрузке принимаем коэффициент ширины венца колеса по делительному диаметру $\psi_{bd} = 1,2$ [14]. Коэффициент ширины венца колеса по межосевому расстоянию вычисляется по формуле

$$\psi_{ba} = \frac{2\psi_{bd}}{(u_{\text{тнх}} + 1)} \quad (2.54)$$

$$\psi_{ba} = \frac{2 \cdot 1,2}{5 + 1} = 0,4 \quad (2.55)$$

Из рекомендаций [14] принимаем коэффициент $K_{H\beta}$, учитывающие неравномерность распределения нагрузки по длине зуба.

При симметричном расположении шестерни и $\psi_{bd} = 1,2 \Rightarrow K_{H\beta} = 1,07$.

Определяем межосевое расстояние передачи

$$a_{\omega} = 4950(u_{\text{тнх}} + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{\psi_{ba} \cdot u_{\text{тнх}} \cdot [\sigma]_H^2} K_{H\beta}}, \quad (2.56)$$

где T_1 – крутящий момент на шестерне, Нм;

$[\sigma]_H$ – меньшее допускаемое контактное напряжение, Па.

$$a_{\omega} = 4950(5 + 1) \sqrt[3]{\frac{572,7}{0,4 \cdot 5 \cdot (492 \cdot 10^6)^2} 1,07} = 321,2 \text{ мм} \quad (2.57)$$

Округляем межосевое расстояние, желательно до 1 ряда (т. е. числа, заканчивающиеся на 0 или 5). Принимаем $a_{\omega} = 320 \text{ мм}$.

Определяем модуль зубьев

$$m = (0,01 \div 0,02) \cdot a_{\omega} = (0,01 \div 0,02) \cdot 320 = 3,2 - 6,4 \text{ мм}. \quad (2.58)$$

По ГОСТ 9563–60 [14] принимаем $m = 4 \text{ мм}$.

Вычисляем суммарное число зубьев

$$z_{\Sigma} = \frac{2a_{\omega}}{m} = \frac{2 \cdot 320}{4} = 160; \quad z_{\Sigma} = 160. \quad (2.59)$$

Число зубьев шестерни и колеса

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{u_{\text{тнх}} + 1} = \frac{160}{5 + 1} = 26,6; \quad z_1 = 27; \quad (2.60)$$

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1 = 160 - 27 = 133. \quad (2.61)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		16

Вычисляем основные геометрические размеры передачи диаметры делительных окружностей

$$d_1 = z_1 m = 27 * 4 = 108 \text{ мм}; \quad (2.62)$$

$$d_2 = z_2 m = 133 * 4 = 532 \text{ мм}; \quad (2.63)$$

ширина венца колеса:

$$b_2 = \psi_{ba} * a'_w = 0,4 * 320 = 128 = 128 \text{ мм}; \quad (2.64)$$

шестерни

$$b_1 = b_2 + (3 \div 5) \text{ мм} = 128 + 4 = 132 \text{ мм} \quad (2.65)$$

Вычисляем окружную силу

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 * 572,7}{108 * 10^{-3}} = 10606 \text{ Н} \quad (2.66)$$

Радиальная сила

$$F_R = F_t \operatorname{tg} \alpha = 3860 \text{ Н} \quad (2.67)$$

2.6.2 Быстроходная передача (цилиндрическая прямозубая)

Для закрытых зубчатых передач основным является расчет на контактную прочность. Расчет на изгибную прочность зубьев является проверочным.

Дано: $u_{\text{быст}} = 6,3$; $P_1 = 3,25 \text{ кВт}$; $\omega_1 = 34,6 \text{ с}^{-1}$; $T_1 = 93,9 \text{ Нм}$; $P_2 = 3,15 \text{ кВт}$; $\omega_2 = 5,5 \text{ с}^{-1}$; $T_2 = 572,7 \text{ Нм}$.

При несимметричном расположении шестерни относительно опор и постоянной нагрузке принимаем коэффициент ширины венца колеса по делительному диаметру $\psi_{bd} = 0,91$. Коэффициент ширины венца колеса по межосевому расстоянию $\psi_{ba} = 0,25$.

Принимаем $a_w = 320 \text{ мм}$, так как двухступенчатый соосный редуктор.

Определим модуль зубьев

$$m = (0,01 \div 0,02) \cdot a_w = (0,01 \div 0,02) \cdot 320 = 3,2 - 6,4 \text{ мм}. \quad (2.68)$$

По ГОСТ 9563–60 [14] принимаем $m = 4 \text{ мм}$.

Вычислим суммарное число зубьев

$$z_\Sigma = \frac{2a_w}{m} = \frac{2 * 320}{4} = 160; \quad z_\Sigma = 160 \quad (2.69)$$

Вычислим число зубьев шестерни и колеса

$$z_1 = \frac{z_\Sigma}{u_{\text{быст}} + 1} = \frac{160}{6,3 + 1} = 21,9; \quad z_1 = 22 \quad (2.70)$$

$$z_2 = z_\Sigma - z_1 = 160 - 22 = 138. \quad (2.71)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

Вычисляем основные геометрические размеры передачи диаметры делительных окружностей

$$d_1 = z_1 * m = 22 * 4 = 88 \text{ мм} \quad (2.72)$$

$$d_2 = z_2 * m = 138 * 4 = 552 \text{ мм}$$

(2.73)

ширина венца колеса

$$b_2 = \psi_{ba} * a'_w = 0,25 * 320 = 80; b_2 = 80 \text{ мм.} \quad (2.74)$$

ширина венца шестерни

$$b_1 = b_2 + (3 \div 5) \text{ мм} = 80 + 4 = 84 \text{ мм} \quad (2.75)$$

Вычисляем окружную силу

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 * 572.7}{552 * 10^{-3}} = 2075 \text{ Н} \quad (2.76)$$

Радиальная сила

$$F_R = F_t * \operatorname{tg} \alpha = 755 \text{ Н} \quad (2.77)$$

2.7 Проектирование валов и компоновка редуктора

После определения межосевых расстояний и размеров колес, приступают к разработке конструкции редуктора. Первым этапом конструирования, является разработка эскизного проекта. При эскизном проектировании определяют расположение деталей передач, расстояния между ними, ориентировочные диаметры ступеней валов, выбирают типы подшипников и схемы их установки.

2.7.1 Диаметры быстроходного вала

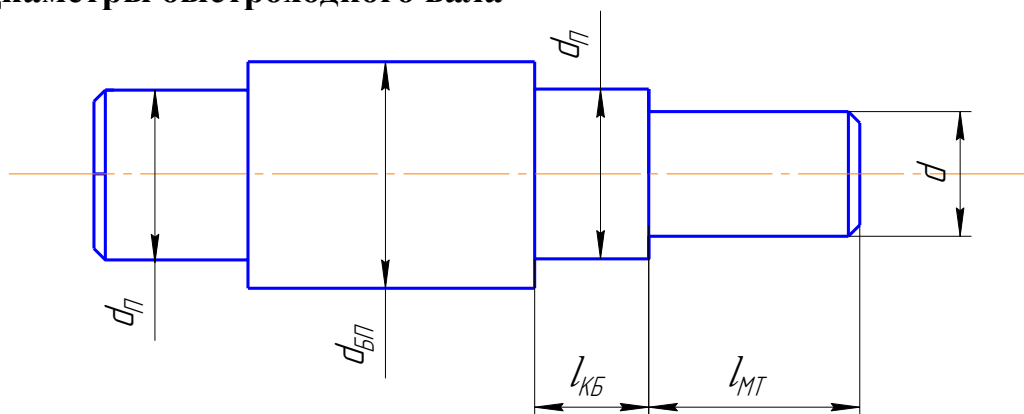


Рисунок 3 – Быстроходный вал

Предварительные значения диаметров (мм) различных участков стального быстроходного вала редуктора определяют по формулам

$$d \geq (7 \div 8) * \sqrt[3]{T_b} = 8 * \sqrt[3]{93,9} = 36,4(\text{мм}); d = 38(\text{мм}); \quad (2.78)$$

$$d_{\Pi} \geq d + 2t_{\text{цпл}} = 38 + 2 * 3,5 = 45(\text{мм}); d_{\Pi} = 45(\text{мм}); \quad (2.79)$$

$$d_{\text{вп}} \geq d_{\Pi} + 3r = 45 + 3 * 3 = 54(\text{мм}); d_{\text{вп}} = 54(\text{мм}); \quad (2.80)$$

$$l_{\text{кб}} \geq 1,4 * d_{\Pi} = 1,4 * 45 = 63(\text{мм}); l_{\text{кб}} = 64(\text{мм}); \quad (2.81)$$

$$l_{\text{мт}} \geq 1,5 * d = 1,5 * 38 = 57(\text{мм}). l_{\text{мт}} = 58 \text{ мм} \quad (2.82)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

2.7.2 Диаметры промежуточного вала

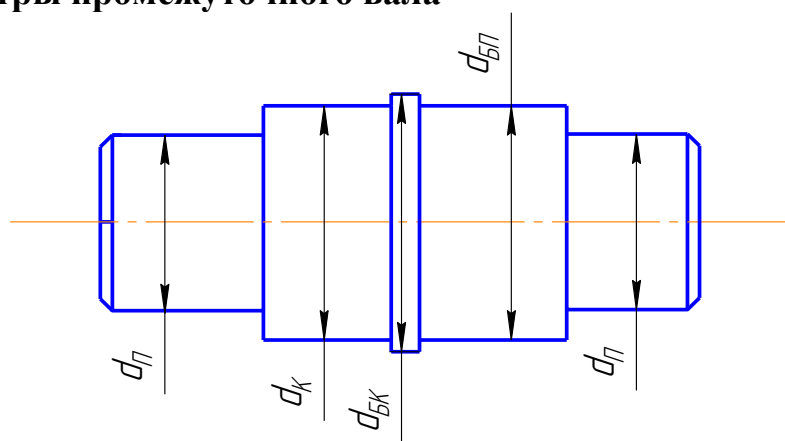


Рисунок 4 – Промежуточный вал

$$d_k \geq (6 \div 7) * \sqrt[3]{T_{\text{п}}} = 7 * \sqrt[3]{572,7} = 58,13(\text{мм}); d_k = 60(\text{мм}); \quad (2.83)$$

$$d_{\text{п}} \geq d_k - 3r = 60 - 3 * 3,5 = 49,5(\text{мм}); d_{\text{п}} = 50(\text{мм}); \quad (2.84)$$

$$d_{\text{БК}} \geq d_k + 3f = 60 + 3 * 2 = 66(\text{мм}); d_{\text{БК}} = 66(\text{мм}). \quad (2.85)$$

2.7.3 Диаметры тихоходного вала

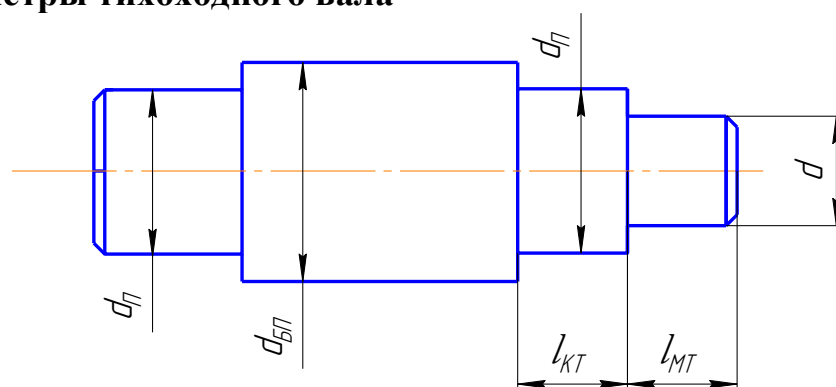


Рисунок 5 – Выходной вал

$$d \geq (5 \div 6) * \sqrt[3]{T_r} = 5,5 * \sqrt[3]{2727} = 76,84(\text{мм}); d = 80(\text{мм}) (\text{по диаметру муфты}) \quad (2.86)$$

$$d_{\text{п}} \geq d + 2t_{\text{цш}} = 80 + 2 * 5,6 = 91,2(\text{мм}); d_{\text{п}} = 90(\text{мм}); \quad (2.87)$$

$$d_{\text{БП}} \geq d_{\text{п}} + 3r = 90 + 3 * 4 = 102(\text{мм}); d_{\text{БП}} = 102(\text{мм}); \quad (2.88)$$

$$l_{\text{КТ}} \geq 1,2 \quad d_{\text{п}} = 1,2 * 90 = 108(\text{мм}); l_{\text{КБ}} = 108(\text{мм}); \quad (2.89)$$

$$l_{\text{МТ}} \geq 1,5 * d = 120(\text{мм}); l_{\text{МТ}} = 120(\text{мм}). \quad (2.90)$$

2.7.4 Расстояния между деталями передач

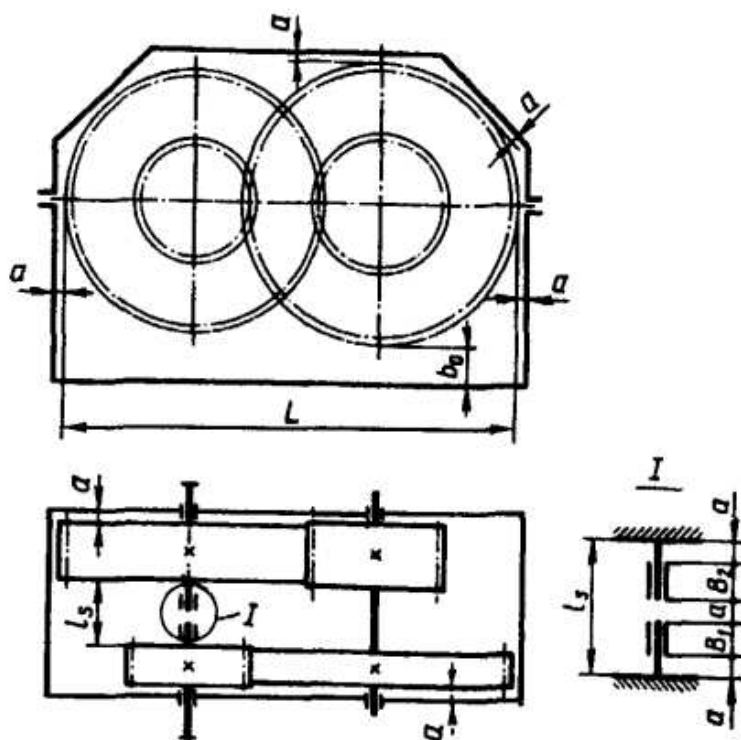


Рисунок 6 –Расстановка размеров между деталями передач

$$a = \sqrt[3]{L} + 3 = \sqrt[3]{878} + 3 = 7,85 + 3 \approx 12(\text{мм}); \quad (2.91)$$

$$L = d_{2\text{тиход}} + \frac{d_{2\text{быстр}}}{2} + \frac{d_{1\text{тих}}}{2} = 540 + \frac{560}{2} + \frac{116}{2} = 878 \text{ мм}; \quad (2.92)$$

$$b_0 \geq 4a = 48(\text{мм}). \quad (2.93)$$

Для соосного редуктора расстояние между зубчатыми колесами

$$l_s = B_1 + B_2 + 3a = 19 + 43 + 12 * 3 = 98(\text{мм}). \quad (2.94)$$

Установим на быстроходном валу подшипники радиальные 209, промежуточном валу подшипники радиальные 210, и на выходном валу радиальный подшипник 318.

2.8 Конструирование корпусных деталей

К корпусным относят детали, обеспечивающие взаимное расположение деталей узла и воспринимающие основные силы, действующие в машине. Корпусные детали обычно имеют довольно сложную форму, поэтому их получают методом литья (в большинстве случаев) или методом сварки (при единичном или мелкосерийном производстве). Для изготовления корпусных деталей широко применяют чугун, сталь, а при необходимости ограничения массы машин – легкие сплавы (алюминиевые, магниевые).

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

Корпусная деталь состоит из стенок, ребер, бобышек, фланцев и других элементов, соединенных в единое целое.

Для редукторов толщину стенки, отвечающую требованиям технологии литья, необходимой прочности и жесткости корпуса, вычисляют по формуле

$$\delta = 1.3 \sqrt[4]{T} \geq 6 \Rightarrow \delta = 1.3 \sqrt[4]{2727} = 9,4(\text{мм}) \Rightarrow \delta = 10(\text{мм}). \quad (2.95)$$

2.8.1 Корпус редуктора

Размер корпуса определяет число и размеры размещенных в нем деталей, относительное их расположение, значение зазоров между ними. Ориентировочные размеры корпуса были определены при составлении компоновочной схемы, уточнены при разработке конструкций узлов. Теперь следует выполнить их окончательную отработку.

Корпуса современных редукторов очерчивают плоскими поверхностями, все выступающие элементы (бобышки подшипниковых гнезд, ребра жесткости) устраняют с наружных поверхностей и вводят внутрь корпуса, лапы под болты крепления в основании не выступают за габариты корпуса, проушины для транспортирования редуктора отлиты заодно с корпусом.

2.8.2 Конструктивное оформление опорной части корпуса

Опорную поверхность корпуса следует выполнять в виде нескольких небольших платиков, расположенных в местах установки болтов или шпилек. Такое расположение снижает расход металла и уменьшает время обработки опорной поверхности корпуса, снижает нагрузки на резьбовые соединения.

Диаметр крепления крышки редуктора к корпусу редуктора

$$d = 1.25 \sqrt[3]{T_4} \geq 10 \text{ мм}, \quad (2.96)$$

$$d = 1.25 \sqrt[3]{2727} = 17,46, \text{принимаем } 18 \text{ мм}. \quad (2.97)$$

Диаметр болта крепления редуктора к плите (размер)

$$d_{\phi} \approx 1.25 * d = 1.25 * 18 = 22.5 \text{ (округлим до стандартного целого в большую сторону примем равным } 24 \text{ мм)}. \quad (2.98)$$

Число винтов принимаем равным четырем.

2.8.3 Крышки люков

Для залива масла в редуктор, контроля правильности зацепления и для внешнего осмотра деталей делают люки. Чтобы удобнее было заливать масло и наблюдать за зубчатыми колесами при сборке и эксплуатации, размеры люков должны быть, возможно, большими. Крышку в данном проекте выбираем прямоугольной формы.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

2.9 Смазывание, смазочные устройства и уплотнения

Для уменьшения потерь мощности на трение, снижения интенсивности изнашивания трущихся поверхностей, их охлаждения и очистки от продуктов износа, а также для предохранения от заедания, задигов, коррозии должно быть обеспечено надежное смазывание трущихся поверхностей.

Наиболее часто в редукторах используют картерную систему смазывания, при которой корпус является резервуаром для масла. Масло заливают через верхний люк. При работе передачи масло постепенно загрязняется продуктами износа передачи, оно стареет — свойства его ухудшаются. Поэтому масло периодически меняют. Для слива масла в корпусе выполняют сливное отверстие, закрываемое пробкой.

Перед сверлением сливного отверстия прилив в корпусе фрезеруют, поэтому он должен выступать над необрабатываемой поверхностью на высоту

$$h_1 = 0.5 \cdot \delta = 5(\text{мм}), \quad (2.99)$$

для удобства примем эту величину равной 4мм.

Исходя из полученных ранее данных об окружной скорости, контактным напряжениям и условий работы передачи, назначим марку, а так же определим необходимый уровень масла в корпусе.

$$v = \frac{2\pi \cdot a'_w \cdot n_1}{6 \cdot 10^4 (U \pm 1)} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 320 \cdot 331}{6 \cdot 10^4 (6.3 + 1)} = 1.5 (\text{м/с}). \quad (2.100)$$

Рекомендуемая кинематическая вязкость масла, $\frac{\text{мм}^2}{\text{с}}$, при заданном интервале окружной скорости и при контактных напряжениях до 600 МПа, для зубчатых передач, принимается равной 34. Таким образом, опираясь, на полученную информацию о рекомендуемой кинематической вязкости масла, для рассчитываемой зубчатой передачи назначаем марку масла И-Г-А-32.

Вследствие того, что передача работает при небольшой окружной скорости, назначим уровень масла, при котором колесо тихоходной передачи будет погружено на глубину от 10 мм до $\frac{1}{4}$ от общего диаметра колеса в мале, для обеспечения хорошего разбрызгивания масла.

Смазывание подшипников производится тем же маслом, что и заливается в корпус редуктора.

В качестве уплотнения, на валах, выходящих из корпуса, устанавливаются уплотнительные манжеты, предотвращающие вытекание масла из редуктора.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

3.1 Служебное назначение узла

Рассматриваемый узел представляет собой цилиндрический двухступенчатый редуктор. Редуктор предназначен для передачи увеличенного крутящего момента и уменьшенной частоты вращения за счет преобразования энергии от двигателя к исполнительному механизму машины.

Свое служебное назначение редуктор выполняет с помощью следующих исполнительных поверхностей:

- Шпоночное соединение входного вала, на который передается вращающий момент от двигателя.
- Эвольвентные поверхности зубьев вал-шестерни и колеса, передающие крутящий момент с входного на промежуточный вал.
- Шпоночное соединение зубчатого колеса с промежуточным валом редуктора, на который передается вращающий момент зубчатой передачи.
- Эвольвентные поверхности зубьев вал-шестерни и колеса, передающие крутящий момент с промежуточного на выходной вал.
- Шпоночное соединение зубчатого колеса с выходным валом редуктора, на который передается вращающий момент зубчатой передачи.
- Шпоночное соединение выходного вала редуктора с ведущим шкивом ременной передачи, на который передается преобразованная частота и вращающий момент от двигателя.

Для выполнения редуктором своего служебного назначения должны обеспечиваться следующие параметры:

- Входной вал редуктора:
 - Мощность: $P_{\text{вх}}=3,42 \text{ кВт};$
 - Вращающий момент: $M_{\text{вх}}=34,4 \text{ Н}\cdot\text{м};$
 - Частота вращения: $n_{\text{вх}}=950 \text{ мин}^{-1};$
 - Окружная скорость: $\omega_{\text{вх}}=99,4 \text{ с}^{-1};$
- Промежуточный вал редуктора:
 - Мощность: $P_{\text{пр}}=3,15 \text{ кВт};$
 - Вращающий момент: $M_{\text{пр}}=93,9 \text{ Н}\cdot\text{м};$
 - Частота вращения: $n_{\text{пр}}=49,4 \text{ мин}^{-1};$
 - Окружная скорость: $\omega_{\text{пр}}=5,5 \text{ с}^{-1};$
- Выходной вал редуктора:
 - Мощность: $P_{\text{вых}}=3 \text{ кВт};$
 - Вращающий момент: $M_{\text{вых}}=572,7 \text{ Н}\cdot\text{м};$
 - Частота вращения: $n_{\text{вых}}=10,5 \text{ мин}^{-1};$
 - Окружная скорость: $\omega_{\text{вых}}=1,1 \text{ с}^{-1};$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

- Коэффициент полезного действия редуктора: $\eta_{ред}=0,876$
- Степень точности зубчатых передач 8-В ГОСТ 1643-81.
- Условия эксплуатации. Тяжелый режим работы – двухсменный, характерный для горных машин. Узел расположен в запыленном помещении.
- Диапазон температур: $t_3= 0 \div 40$ °С.
- Ресурс работы: $L_h= 2000$ ч.
- Для удобства регулирования подшипников, предусмотрены закладные крышки с регулируемыми винтами

3.2 Выбор методов достижения точности

Требования к точности цилиндрических зубчатых передач установлены ГОСТ 1643–81. Для обеспечения нормальной работы зубчатых передач необходимо в общем случае рассчитать две размерные цепи:

- на параллельность осей вращения колес в двух плоскостях. Если оси колес расположены в одной плоскости, то рассчитывается одна цепь.
- на точность расстояния между осями вращения колес по двум координатным осям.

Поэтому в редукторе необходимо рассчитать две цепи – B' , и β' . Эти цепи являются связанными, так как имеют общие звенья. Расчет необходимо начинать с той цепи, у которой допуск замыкающего звена является наименьшим. Таковой размерной цепью является цепь β' .

Размерная цепь B' (см. рисунок 7), определяет точность расстояния между осями делительных окружностей ГОСТ 1643-81 / таб.13, с.22/: для сопряжения В и межцентрового расстояния 320 мм, допускаемые отклонения межосевого расстояния: $f_a = \pm 110$ мкм.

Размерная цепь β' (см. рисунок 7), определяет точность расстояния между осями вращения колес по двум координатным осям ГОСТ 1643-81 таб.11, с.19/: допуск на параллельность осей на ширине колеса $b=80$ мм и модуле $m=4$ – $f_x=0,025$; допуск на перекос осей на ширине колеса $b=128$ мм – $f_y=0,016$ мкм.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

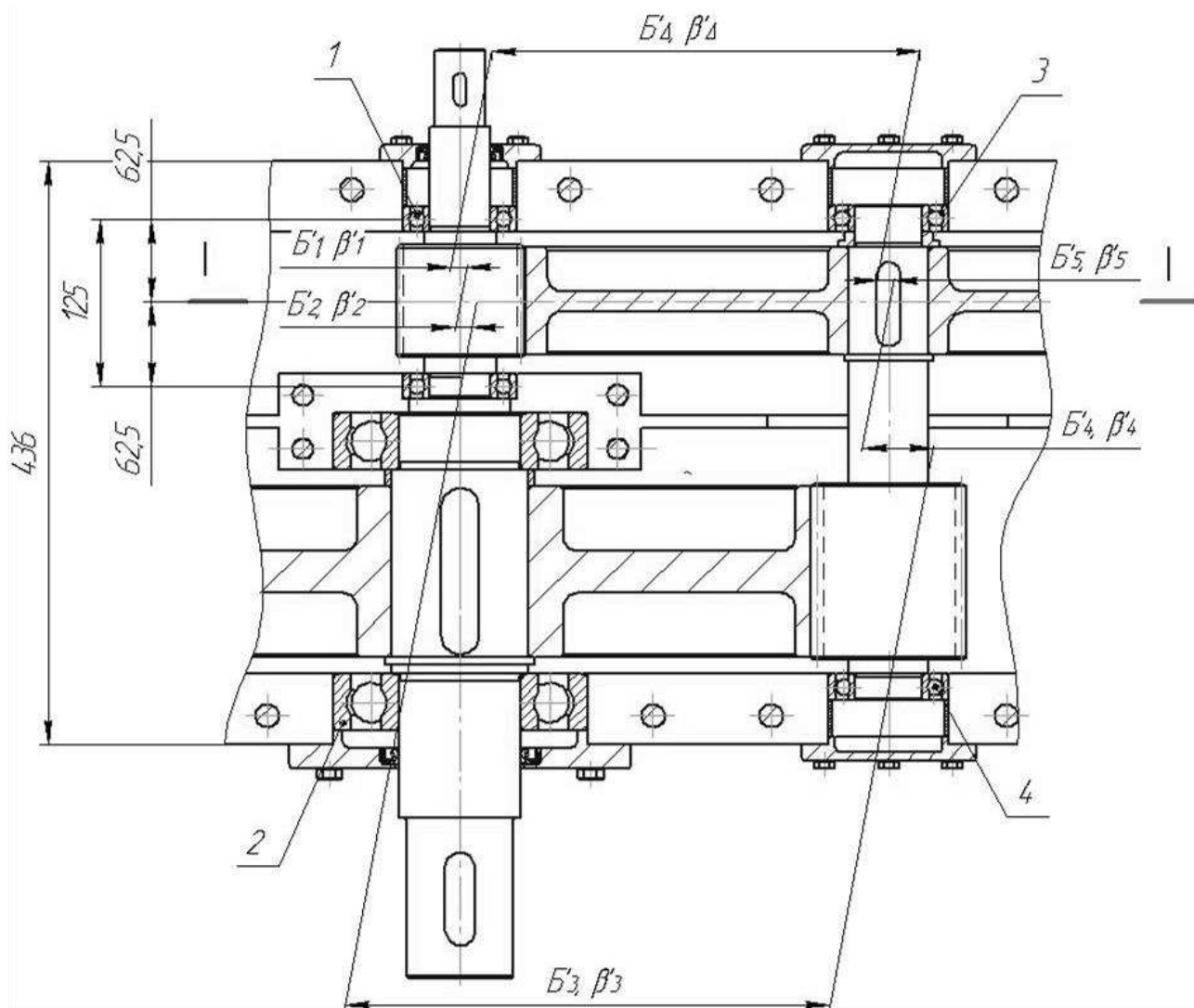


Рисунок 7 – Размерные цепи Б' и β' первой ступени редуктора

Размерные цепи β'

По ГОСТ 1643 – 81 допуск на отклонение от параллельности осей f_x устанавливается в зависимости от модуля, степени точности передачи и ширины колеса. Для модуля $m = 1 \dots 40$ мм, передачи 8-й степени точности и ширине зубчатого венца $b = 80$ мм, допуск на отклонение от параллельности $f_x = 0,025/80$ мм/мм [13]. Величину допуска удобнее пересчитать и отнести к размеру $L = 436$ мм, т.е. к расстоянию между внешними стенками корпуса.

Тогда отклонение от параллельности осей на длине 436 мм составит:

$$f_{x(268)} = \frac{0,025 \cdot 436}{80} = 0,136 \text{ мм} \quad (3.1)$$

Допуск замыкающего звена, отнесенный к длине $L = 436$ мм,

$$T_{\Delta} = 0,136/436 \text{ мм/мм} \quad (3.2)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

Составляющими звеньями размерной цепи β' являются: $\beta'1$ и $\beta'2$ – смещение и поворот оси вала шестерни вследствие радиального биения подшипников 1 и 2; $\beta'3$ – отклонение от параллельности осей отверстий в корпусе; $\beta'4$ и $\beta'5$ – смещение и поворот оси вала колеса вследствие радиального биения подшипников 3 и 4.

Заданная точность замыкающего звена обеспечивается методом неполной взаимозаменяемости. Приведем размеры всех составляющих звеньев к одной базовой длине $L = 436$ мм. Расстояние между подшипниками $L = 125$ мм, тогда передаточное отношение для звеньев $\beta'1$, $\beta'2$, $\beta'4$ и $\beta'5$ будет равно:

$$\xi = \frac{436}{125} = 3,49 \quad (3.3)$$

Выбираем подшипники с радиальным биением, равным 0,04 мм, тогда $T\beta'1 = T\beta'2 = T\beta'4 = T\beta'5 = 0,04$ мм.

Погрешность звеньев $\beta'1$, $\beta'2$, $\beta'4$ и $\beta'5$ имеют векторный характер. Так как векторные ошибки являются случайными величинами и при сборке изделия могут принять любое численное значение в пределах $\pm Ti/2$, то расчет размерных цепей с векторными ошибками выполняется по вероятностному методу.

Если размерная цепь состоит из звеньев со скалярными и векторными ошибками, то суммирование скалярных и векторных ошибок следует производить раздельно. Для этого случая допуск замыкающего звена:

$$T_{\Delta} = \frac{t}{t_{\Delta} \cdot \sqrt{\lambda_{\Delta}^2}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-n_x} \lambda_i^2 T_i^2 + \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 \lambda_{xi}^2 T_{xi}^2}, \quad (3.4)$$

При коэффициенте риска брака $t = 3$

$$T_{\Delta} = \frac{1}{K_{\Delta}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n-n_x} K_i^2 T_i^2 + \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 K_{xi}^2 T_{xi}^2}, \quad (3.5)$$

где $n = m - 1$ – число звеньев размерной цепи;

n_x – число звеньев с векторными ошибками;

$n - n_x$ – число звеньев со скалярными ошибками;

K_i – коэффициент относительного рассеяния;

K_{xi} – приведенный коэффициент относительного рассеяния [12];

T_i – допуски звеньев со скалярными ошибками;

T_{xi} – допуски звеньев с векторными ошибками;

ξ_{xi} – передаточные отношения звеньев с векторными ошибками;

λ_i, λ_{xi} – коэффициенты, характеризующие форму кривых рассеяния погрешностей составляющих звеньев.

При решении проектных задач, когда законы распределения погрешностей составляющих звеньев неизвестны, принимают:

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

$$t=3; \lambda_i^2 = 1/6; \lambda_{xi}^2=1,15; K_i=1,2; K_{xi}^2 = 0,5 \div 0,6$$

Если число звеньев размерной цепи $n \geq 5$, то $K_{\Delta} = 1$ и $\lambda_{\Delta}^2 = 1/9$

Для звеньев $\beta'1, \beta'2, \beta'4$ и $\beta'5$, погрешности которых имеют векторный характер, примем $K_{xi}^2 = 0,6$ [12]. Погрешность звена $\beta'3$ носит скалярный характер, значит для него $K_i = 1,2$.

Так как в данной размерной цепи неизвестным является лишь допуск на размер $\beta'3$, то определить его можно из уравнения:

$$T_{\beta'3} = \frac{1}{K_3} \cdot \sqrt{K_{\Delta}^2 T_{\Delta}^2 - \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 K_{xi}^2 T_{xi}^2} = \frac{1}{1,2} \cdot \sqrt{0,136^2 - 4 \cdot 0,6 \cdot 3,49^2 \cdot 0,04^2} = 0,14 \quad (3.6)$$

Следовательно, $T_{\beta'3} = 0,14/436$ мм/мм.

Размерная цепь Б'

Согласно ГОСТ 1643–81 для сопряжения В и номинального размера межосевого расстояния $aw = 320$ мм, допускаемые отклонения межосевого расстояния $fa = \pm 0,110$ мм. Следовательно, замыкающее звено размерной цепи Б имеет следующие характеристики: $B'\Delta = 320 \pm 0,110$ мм; $T_{\Delta} = 0,22$ мм и $\Delta 0\Delta = 0$.

Составляющими звеньями размерной цепи Б' являются: Б'1, Б'2 – смещение и поворот оси вала-шестерни вследствие радиального биения подшипников 1 и 2; Б'3 – расстояние между осями отверстий в корпусе; Б'4, Б'5 – смещение и поворот оси вала колеса вследствие биения подшипников 3 и 4.

Номинальный размер звена Б'3 = 320 мм. Погрешность этого звена носит скалярный характер. Звенья Б'1, Б'2, Б'4 и Б'5 имеют погрешности векторного характера. Требуемая точность замыкающего звена обеспечивается методом неполной взаимозаменяемости.

Так как межосевое расстояние определяется по среднему сечению колес I–I (см. рисунок 1), то для звеньев с векторными ошибками необходимо вычислить передаточные отношения для этого сечения. Пусть $l_1 = l_2 = 62,5$ мм, тогда для всех звеньев с векторными ошибками передаточные отношения будут иметь одинаковые значения: $\xi_x = \frac{62,5}{320} = 0,2$

Радиальное биение выбранных подшипников равно 0,04мм.

Следовательно, $T_{B'1} = T_{B'2} = T_{B'4} = T_{B'5} = 0,04$ мм. Так как в данной размерной цепи неизвестным является только допуск на размер Б3, то задача сводится к определению $T_{B'3}$. Примем $K_3 = 1,2$; $K_{xi}^2 = 0,6$, тогда:

$$T_{B'3} = \frac{1}{K_3} \cdot \sqrt{K_{\Delta}^2 T_{\Delta}^2 - \sum_{i=1}^{n_x} \xi_{xi}^2 K_{xi}^2 T_{xi}^2} = \frac{1}{1,2} \sqrt{0,22^2 - 4 \cdot 0,6 \cdot 0,2^2 \cdot 0,04^2} = 0,183 \quad (3.7)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		27

Так как координаты середин полей допусков для звеньев с векторными ошибками равны нулю, а также $\Delta 0\Delta = 0$, то и $\Delta 03 = 0$, поэтому $B'3 = 320 \pm 0,092$ мм.

Таблица 5 — Размерная цепь Б'

Звено размерной цепи	Наименование звена	Номинальный размер	Допускаемые предельные отклонения	Допуск	Координата середины поля допуска	Примечание (ГОСТ, нормаль, метод и вид обработки, класс точности)
B'_Δ	Расстояние между осями делительных окружностей	320	+0,11 -0,11	0,22	0	ГОСТ 1643-81
B'_1, B'_2	Смещение и поворот оси вала-шестерни вследствие радиального биения подшипников 1 и 2	30	+0,02 -0,02	0,04	0	ГОСТ 520 - 89
B'_4, B'_5	Смещение и поворот оси вала колеса вследствие биения подшипников 3 и 4.	45	+0,02 -0,02	0,04	0	ГОСТ 520-89
B'_3	Расстояние между осями отверстий в корпусе	320	+0,092 -0,092	0,18 3	0	Черновое, чистовое и тонкое растачивание

3.3 Анализ технологичности конструкции изделия

Оценим конструкцию узла по ряду признаков с учетом требований стандарта по ГОСТ 14.201-83, ГОСТ 14.205-83, а также в соответствии с рекомендациями [3, с.865 – 901]. Дадим качественную оценку соответствия конструкции следующим требованиям:

3.3.1 Требование к составу

- 1) Редуктор является технологичным, т.е. он состоит из самостоятельных комплектов, которые после своей сборки поступают на общую сборку узла - редуктора.
- 2) При компоновке изделия используются стандартные изделия, такие как подшипники, болты, винты, шпонки, манжеты и т.п.
- 3) В данном редукторе при конструировании были предусмотрены необходимые элементы для того, чтобы его можно было удобно транспортировать и устанавливать. Это такие элементы, как:
 - Крепежные отверстия в проушинах
 - Приливы на корпусе редуктора.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

- 4) У всех сборочных единиц изделия предусмотрена базовая деталь, т.е. у всех комплектов, подузлов и узлов имеются конкретно выраженные базовые детали.
- 5) При конструировании было предусмотрено тот факт, что при общей сборке не будет необходимости при общей сборке производить дополнительные обработки поверхностей или промежуточных разборок, а при необходимости можно легко заменить детали. Так же для проверки уровня масла была предусмотрена конструкция маслоуказателя.

3.3.2 Требование конструкции соединений составных частей

- 1) При разработке редуктора было предусмотрено оптимальное количество сопряжений и мест соединений.
- 2) При сборке не должно возникать проблем с доступностью для механизации сборки т.к. все крепежные отверстия и плоскости разъема расположены в удобных местах для того, чтобы сборщик смог воспользоваться необходимым инструментом при сборе.
- 3) Так же при сборке не будет необходимости обрабатывать какую-либо из плоскостей или поверхностей, что не будет влиять на поточность производства.
- 4) При выборе переходных посадок учитывали степень точности изделий. Например, степень точности подшипников.
- 5) В данном редукторе присутствует комплект основных и вспомогательных баз определяющие точное место редуктора и собираемых в нем деталей и сборочных единиц изделия. Все детали имеют комплект основных и вспомогательных баз.

3.3.3 Требования к точности и методу сборки

- 1) В данном редукторе были предусмотрены такие элементы как:
 - дистанционные втулки;
 - шпонки;
 - регулировочные прокладки и т.п.
- 2) Так же имеются фиксирующие элементы и предусмотренные под них технологические отверстия.
- 3) Имеются компенсирующие элементы в виде наборов прокладок, уплотнительные элементы для герметичности изделия.

Вывод: после анализа конструкции редуктора можно сделать вывод, что конструкция узла в целом технологична.

3.4 Разработка технологического процесса сборки

Конструкция механизма имеет несколько сборочных узлов, которые возможно собирать независимо друг от друга, поэтому возможна узловая сборка изделия. Но невозможно одновременное присоединение нескольких узлов к базовому элементу из-за его конструкции.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		29

При последовательном соединении возможна механизация процесса сборки.

При сборке редуктора доступ инструментов к деталям свободный. Большинство крепежных изделий - стандартные, что позволяет применять простой инструмент.

В данном изделии основным базовым элементом является корпус, к которому присоединятся все детали и узлы.

Технологическая схема сборки показывает, в какой последовательности необходимо присоединять и закреплять друг к другу элементы, из которых собирается изделие. Такими элементами являются детали, комплекты, узлы, подузлы и сборочные единицы.

Под деталью при составлении сборки понимают первичный элемент изделия (базовая деталь), характерным признаком которого является отсутствие в нем разъемных и неразъемных соединений. Сборочная же единица представляет собой элемент изделия, состоящий из двух или более деталей, соединенных в одно целое, не распадающееся при перемене положения в узле или подузле. Характерным отличительным признаком сборочной единицы является -возможность ее сборки независимо от других элементов изделия.

Для составления технологической схемы сборки все сборочные единицы, входящие в изделие условно разделим на группы и подгруппы. Группой будем считать сборочную единицу, входящую в изделие.

Технологическую схему сборки составляем на основе сборочного чертежа изделия, которая показывает, в какой последовательности необходимо присоединять друг к другу элементы, из которых состоит изделие.

Каждый элемент изделия будем изображать в виде прямоугольника разделенного на три части. В его верхней части дается наименование изделия, в левой нижней части указываем числовой индекс, соответствующий номеру данного элемента на сборочном чертеже и согласно принятой спецификации, в правой нижней части количество присоединяемых элементов.

Порядок составления технологической схемы сборки начинаем с назначения базового элемента. Базовым элементом назовем деталь, с которой начинаем сборку изделия.

При определении последовательности сборки заранее анализируем сборочные размерные цепи. Если изделие имеет несколько размерных цепей, то сборку следует начинать с наиболее сложной и ответственной размерной цепи.

Для более ясного представления о порядке составления технологической схемы сборки указываем необходимые технические требования на сборку. Под техническими требованиями понимаем разные надписи – сноски, поясняющие характер выполнения сборочных работ, когда они не ясны из схемы.

Такой алгоритм составления технологической схемы сборки облегчает последующее проектирование технологического процесса сборки, позволяет оценить технологичность конструкции изделия с точки зрения возможности расчленения сборки на общую и узловую, и гарантирует от пропуска деталей, входящих в изделие.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		30

3.5 Технологические требования

К основным технологическим требованиям относятся требования по назначению точности обработки деталей, которая не приведет к значительному её удорожанию, в процессе составления технологического процесса. Основным параметром для назначения точности зубчатой передачи является допустимая окружная скорость колеса. Степень точности зубчатых передач назначаются по рекомендации из [4].

Для обеспечения нормальной работы редуктора, при заданной степени точности зубчатых передач - 8-B (ГОСТ 1643-81), необходимо выполнить, при изготовлении деталей и сборке узла, в целях обеспечения относительного положения деталей, следующие требования к точности:

Для первой прямозубой цилиндрической ступени:

1. Точность расстояния между осями делительных окружностей, при межосевом расстоянии $a_w=320$ мм, предельные отклонения межосевого расстояния передачи: $f_a=\pm 110$ мкм;
2. Параллельность осей делительных окружностей. Допуск на параллельность осей на ширине колеса $b=80$ мм и модуле $m=4$ мм – $f_x=0,025$ мкм;
3. Перекос осей делительных окружностей. Допуск на перекос осей на ширине колеса $b=80$ мм – $f_y=0,012$ мкм;
4. Гарантированный боковой зазор в зацеплении: $j_{nmin}=230$ мкм

Для второй прямозубой цилиндрической ступени:

5. Точность расстояния между осями делительных окружностей, при межосевом расстоянии $a_w=320$ мм, предельные отклонения межосевого расстояния передачи: $f_a=\pm 110$ мкм;
6. Параллельность осей делительных окружностей. Допуск на параллельность осей на ширине колеса $b=128$ мм и модуле $m=4$ – $f_x=0,040$;
7. Перекос осей делительных окружностей. Допуск на перекос осей на ширине колеса $b=128$ мм – $f_y=0,016$ мкм;
8. Гарантированный боковой зазор в зацеплении: $j_{nmin}=230$ мкм

3.6 Проектирование технологических операций сборки

- 1) Выявление видов работ выполненных при сборке изделия:
 - 1.1) Степень точности собираемого изделия должна быть обеспечена за счет правильной и точной сборки изделия .
 - 1.2) При конструировании данного редуктора в его конструкцию были заложены следующие методы достижения точности:
 - Метод неполной взаимозаменяемости.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

1.3) Так же были приняты технологические методы соединения (напресовка подшипников, шпоночные соединения, болтовые соединения и т.п.) данные элементы собираются в сборку с помощью специального оборудования такого, как пресса, механического гайковерта и т.п.

1.4) По целевому назначению выполняемые при сборке работы можно разделить на следующие группы:

а) механическая обработка в силу того, что производство серийное в процессе сборки не производится;

б) распаковка, освобождение от консервации, промывка, продувка, смазка, осмотр;

в) изготовление простых деталей при сборке не допустимо;

г) выполнение соединений комплектов и подузлов производится на отдельном рабочем месте всеми доступными технологическими способами. Работа по выполнению соединения представляет собой сборочный переход. Он состоит из основного приёма, во время которого изменяется состояния объекта производства (т.е. осуществляется соединение), и вспомогательных приемов, таких как осмотр, промывка, продувка, установка в приспособление.

д) работа по проверки правильности выполнения соединений деталей и узлов в процессе сборке. Свободное вращение валов; радиальное и торцевое биение колес, установленных на вал; боковой зазор и пятно контакта зубчатых пар.

2) Составления перечня работ и их нормирование.

Нормативы времени принимаем по рекомендациям [5, с.12 – 44], [6], [7].

Схемы сборки ведущего вала, промежуточного вала, ведомого вала приведены в общей схеме сборки в таблице 6.

Общий порядок сборки редуктора приведен в таблице 6.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		32

Таблица 6 – Последовательность сборочных операций и их нормирование

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, мин.
1	2	3
Сборка 1. Подузел «Вал быстроходный в сборе»		
1	Осмотреть быстроходный поз. 3	0,1
2	Установить вал быстроходный поз.3 в приспособлении	0,2
3	Обдуть сжатым воздухом шпоночный паз	0,2
4	Запрессовать шпонку поз. 33	0,42
5	Снять вал быстроходный поз.3 с призм	0,1
6	Установить вал быстроходный поз.3 в приспособлении	0,2
7	Освободить от упаковки подшипники поз.27	0,24
8	Греть подшипники поз. 27 в индустриальном масле	9,2
9	Напрессовать подшипник поз.27 в количестве 2 шт. на вал быстроходный поз. 3 в сборе, длина запресовки 19 и 78 мм	1,6
10	Снять вал быстроходный поз.3 в сборе	0,1
11	Переместить вал быстроходный поз. 3 в сборе на общую сборку	0,05
Итого:		12,41
Сборка 2. Подузел «Вал промежуточный в сборе»		
12	Осмотреть вал промежуточный поз. 4	0,1
13	Установить вал промежуточный поз.4 в приспособлении	0,2
14	Обдуть сжатым воздухом шпоночный паз	0,2
15	Запрессовать шпонку поз. 34	0,42
16	Снять вал промежуточный поз.4 с призм	0,1
17	Переместить на следующую позицию	0,05
18	Установить вал промежуточный поз.4 в приспособлении	0,2
19	Осмотреть зубчатое колесо поз.6	0,1
20	Смазать колесо зубчатое поз.6 машинным маслом	0,11
21	Напрессовать колесо поз.6 на вал промежуточный поз.4	1,08
22	Снять вал промежуточный поз.4 в сборе	0,1
23	Переместить вал промежуточный поз.4 в сборе на следующую позицию	0,05
24	Переустановить вал промежуточный поз.4 в сборе в приспособлении	0,2
25	Осмотреть втулку поз.11	0,1
26	Смазать втулку поз.11 машинным маслом	0,1
27	Установить на вал втулку поз. 11	0,2
28	Освободить от упаковки подшипники поз.28	0,24
29	Греть подшипники поз.28 в индустриальном масле	9,2
30	Напрессовать подшипник поз.28 в количестве 2 шт. на вал промежуточный поз.4 в сборе, длина запресовки 20 мм	1,2
31	Снять вал промежуточный поз.4 в сборе	0,1
32	Переместить вал промежуточный поз. 4 в сборе на общую сборку	0,05
Итого:		14,1

Сборка 3. Подузел «Вал тихоходный в сборе»		
33	Осмотреть вал тихоходный поз. 5	0,1
34	Установить вал тихоходный поз.5 на призмы	0,2
35	Обдуть сжатым воздухом шпоночные пазы	0,2
36	Запрессовать шпонку поз. 35	0,42
37	Запрессовать шпонку поз. 36	0,42
38	Снять вал тихоходный поз.5 с призм	0,1
39	Переместить на следующую позицию	0,05
40	Установить вал тихоходный поз.5 в приспособлении	0,2
41	Осмотреть зубчатое колесо поз.7	0,1
42	Смазать зубчатое колесо поз.7 машинным маслом	0,11
43	Напрессовать колесо поз.7 на вал тихоходный поз.5	1,08
44	Переместить вал поз.5 в сборе на следующую позицию	0,05
45	Переустановить вал поз.5 в сборе в приспособлении	0,2
46	Осмотреть втулку поз.14	0,1
47	Смазать втулку поз.14 машинным маслом	0,1
48	Установить на вал тихоходный втулку поз.14	0,2
49	Освободить от упаковки подшипники поз.29	0,16
50	Греть подшипники поз.29 в индустриальном масле	12,3
51	Напрессовать подшипники поз.29 на вал тихоходный поз.5 в сборе, длина запресовки 43 и 108 мм	1,2
52	Снять вал тихоходный поз.5 в сборе	0,1
Итого:		17,39
Сборка 4. Комплект «Крышка корпуса в сборе»		
53	Осмотреть крышку корпуса	0,21
54	Установить крышку корпуса в приспособление	0,2
55	Обдуть сжатым воздухом крышку корпуса	0,32
56	Осмотреть крышку смотрового люка поз.1	0,07
57	Установить крышку смотрового люка поз.1 на крышку корпуса	0,1
58	Установить шайбы поз.23 на болты поз.16	
59	Установить болты поз.16 в отверстия в крышку корпуса и закрутить.	0,3
60	Снять крышку корпуса сборе	0,1
61	Переместить комплект крышки корпуса в сборе на общую сборку	0,05
Итого:		1,35
Сборка 5. Комплект «Крышка подшипника 5»		
62	Осмотреть крышку подшипников поз.9, перед установкой манжеты поз.30	0,07
63	Протереть внутреннюю поверхность крышки поз.9, для установки манжеты поз.30 и поверхности сопряжения крышки с корпусом	0,13
64	Освободить от упаковки манжету поз.30.	0,08
65	Запрессовать с помощью оправки манжету резиновую поз.30, в крышку поз.9.	0,25
66	Переместить комплект крышки подшипника в сборе поз.9 на общую сборку	0,05
Итого:		0,58

Сборка 6. Комплект «крышка подшипника 6»		
67	Осмотреть крышку подшипников поз.10, перед установкой манжеты поз.31	0,07
68	Протереть внутреннюю поверхность крышки поз.10, для установки манжеты поз.31 и поверхности сопряжения крышки с корпусом редуктора	0,13
69	Освободить от упаковки манжету поз.31	0,08
70	Запрессовать с помощью оправки манжету резиновую поз.31, в крышку поз.10.	0,25
71	Переместить комплект крышки подшипника в сборе поз.10 на общую сборку	0,05
Итого:		0,58
Сборка 7. Узел «редуктор в сборе»		
72	Осмотреть корпус редуктора со всех сторон	0,19
73	Установить корпус редуктора в приспособление	0,36
74	Протереть установочные поверхности корпуса редуктора	0,1
75	Установить вал быстроходный в сборе поз.3 в корпус редуктора	0,12
76	Установить вал промежуточный поз.4 в корпус редуктора	0,12
77	Установить вал тихоходный поз.5 в корпус редуктора	0,12
78	Регулировать осевые зазоры подшипников путем установки компенсирующих прокладок	4,5
79	Установить малую крышку подшипников поз.27,29	0,2
80	Установить шайбы пружинные поз.25 на болты поз.19	0,45
81	Установить болты поз.19	0,12
82	Завернуть болты поз.19 окончательно с моментом	0,36
83	Покрывать плоскость разъема корпуса редуктора пастой Герметик ТУ-01-1211-79	0,2
84	Установить крышку корпуса в сборе на корпус редуктора	0,15
85	Установить крышку корпуса на штифты поз.32	0,12
86	Установить крышку корпуса на болты поз.21	0,12
87	Установить шайбы пружинные поз.26 на болты поз.21	0,45
88	Накинуть гайки поз.22 на болты поз.21	0,16
89	Подтянуть гайковерт, включить	0,4
90	Завернуть гайки поз.22 окончательно с моментом	0,36
91	Установить болты поз.20	0,12
92	Установить шайбы пружинные поз.26 на болты поз.20	0,45
93	Накинуть гайки поз.22 на болты поз.20	0,16
94	Завернуть гайки поз.22 окончательно с моментом	0,36
95	Выключить винтоверт, отложить в сторону	0,08
96	Включить винтоверт	0,03
97	Установить крышку подшипников в сборе 5 в корпус	0,1
98	Установить шайбы поз.23	0,1
99	Установить болты поз.17 в отверстия корпуса и крышки	0,16
100	Завернуть болты поз. 17 окончательно с моментом	0,08

101	Установить крышку подшипников поз.8 2 шт. в корпус	0,1
102	Установить шайбы поз.23	0,1
103	Установить болты поз.17 в отверстия корпуса и крышки	0,16
104	Завернуть болты поз. 17 окончательно с моментом	0,08
105	Установить крышку подшипников в сборе 6 в корпус	0,02
106	Установить шайбы поз.24	0,1
107	Установить болты поз.18 в отверстия корпуса и крышки	0,16
108	Завернуть болты поз. 18 окончательно с моментом	0,08
109	Выключить винтоверт, отложить в сторону	0,03
110	Осмотреть маслосливную пробку поз.15	0,1
111	Закрутить пробку поз.15 в корпус редуктора	0,1
112	Установить маслоуказатель поз.2 в корпус редуктора	0,05
113	В редуктор залить масло промышленное И-30А объемом 1,3 л	0,3
114	Провести испытания редуктора в сборе	2,32
Итого:		13,94
Итог на сборку:		59

Для проектируемой программы, номинальный такт выпуска для слесарно-сборочного производства [8, с.22]:

$$t_B = \frac{60 \cdot 4080}{2500} = 97,92 \text{ мин} \quad (3.8)$$

где F_d – действительный годовой фонд времени при 41-часовой неделе и 12-ти праздничных днях в году, для рабочих мест с механизированными приспособлениями и двухсменным режимом работы – 4080 [9, с.31].

Все технологические приемы и переходы, объединяем в одну сборочную операцию, так как общее время на все работы близко такту выпуска.

Определим количество рабочих-сборщиков необходимых для выполнения заданной программы по формуле [5, с.55]:

$$P = \frac{T_p - T_c}{(t_B - t_n) \cdot p} = \frac{59}{97,92} = 0,6 \quad (3.9)$$

где $T_p = 59$ мин – расчетная суммарная трудоемкость всех переходов сборки, (см. таблицу 11);

T_c – расчетная трудоемкость совмещенных во времени переходов, принимаем $T_c = 0$;

t_B – номинальный такт выпуска;

t_n – расчетное время перемещения собираемого объекта с одного рабочего места на другое, принимаем $t_n = 0$;

p – количество параллельных потоков, необходимых для выполнения заданной производственной программы, принимаем один поток $p = 1$.

Следовательно, для выполнения всех видов работ достаточно одного рабочего-сборщика.

Штучное время сборочной операции, определяется по формуле [10, с.8]:

$$T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right). \quad (3.10)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время;

α, β, γ – время технического обслуживания, организационного обслуживания и время перерывов на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени.

Оперативное время складывается из двух составляющих:

- 1) ΣT_v - сумма вспомогательного времени на работы входящие в операцию и не являющиеся сборочными переходами;
- 2) $\Sigma T'_{оп}$ - сумма оперативного времени на выполнение сборочных и слесарных переходов входящих в операцию.

При нормировании сборочных работ [10, с.8]:

- время технического обслуживания принимают равным нулю ($\alpha = 0$);
- долю времени на обслуживание рабочего места, примем $\beta = 5\%$;
- долю времени на отдых и личные надобности, примем $\gamma = 6\%$.

Определим штучное время сборочной операции:

$$T_{шт} = 59 \cdot \left(1 + \frac{5+6}{100} \right) = 65,49 \text{ мин.} \quad (3.11)$$

При продолжительности слесарно-сборочной операции близкой такту выпуска, принимаем непоточно-стационарную сборку. Это характерно для технологически замкнутых участков, выпускающих изделия объединенных в группы по однородности служебного назначения. При групповой форме организации производства, запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью. Для обеспечения равномерного выпуска изделий в течение года, определим размер партии собираемых узлов в месяц:

$$P_{мес} = P/12 = 2500/12 = 210 \text{ шт./мес.} \quad (3.12)$$

Определим штучно-калькуляционное время на сборочную операцию [10,с.4], учитывающее подготовительно-заключительное время, необходимое на подготовку сборочных работ для партии:

$$T_{шт-к.i} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт.i} \quad (3.13)$$

где $T_{п.з.}$ – подготовительно заключительное время, принимаем 4% от оперативного времени;

n – количество собираемых узлов в партии.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

Штучно-калькуляционное время для сборочной операции, составит:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{65,49 \cdot 0,04}{210} + 65,18 = 65,5 \text{ мин.} \quad (3.14)$$

Полученное штучно-калькуляционное время, на выполнение сборочной операции, меньше номинального такта выпуска, следовательно, назначенные нормы времени не требуют корректировки и приемлемы для сборки узла.

Построения циклограммы сборки, не требуется, так как все технологические приемы и переходы, выполняются последовательно одним сборщиком.

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА

4.1 Служебное назначение

Служебное назначение корпуса цилиндрического редуктора, заключается в обеспечении точности положения параллельных осей валов зубчатых передач.

В рассматриваемом узле, корпус цилиндрического редуктора является базовой деталью, в который входят крепежные элементы, подузлы и комплекты.

С целью назначения технических условий на изготовления корпуса выявляем функции поверхностей (рисунок 8) и строим граф-связи между поверхностями (рисунок 9)

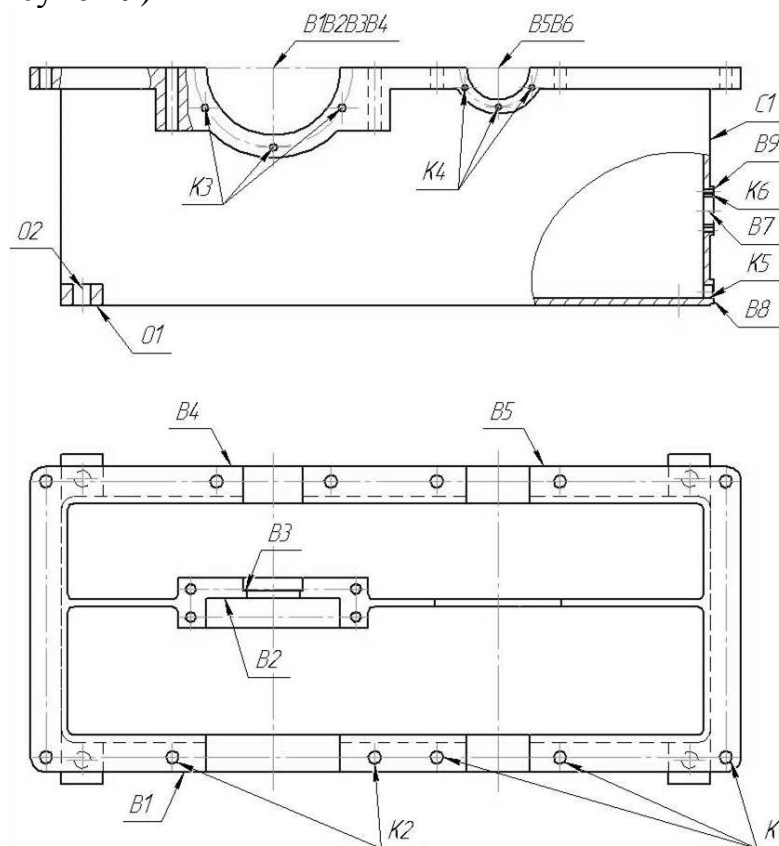


Рисунок 8 – Функции поверхности корпуса

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		38

Где: О - основные поверхности корпуса, В - вспомогательные поверхности корпуса, К - крепёжные поверхности, С - свободные поверхности.

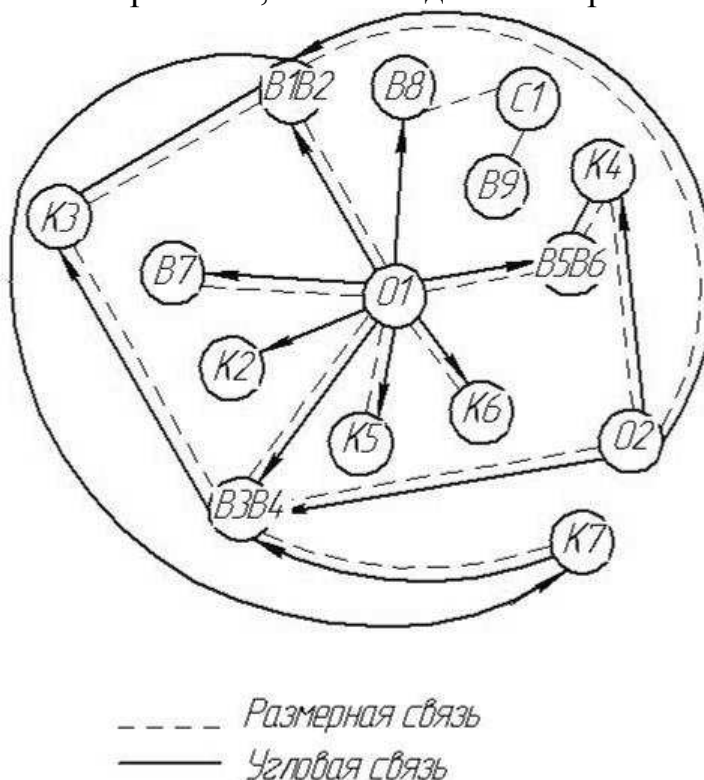


Рисунок 9 – Граф-связи между поверхностями корпуса редуктора

Проведем анализ связей между поверхностями.

Для обеспечения точного и однозначного положения определенных поверхностей необходимо:

1. Поверхность цилиндрического отверстия Ø85 мм, являющейся опорной базой наружных колец подшипников быстроходного вала, необходимо обработать с шероховатостью $Ra = 1,6$ мкм по качеству Н7, обеспечить допуск на диаметральный размер $T = 0,035$ мм;
2. Поверхность цилиндрического отверстия Ø90 мм, являющегося опорной базой промежуточного вала, в которые устанавливаются подшипники промежуточного вала, необходимо обработать с шероховатостью $Ra = 1,6$ мкм по качеству Н7, обеспечить допуск на диаметральный размер $T = 0,035$ мм;
3. Поверхность цилиндрического отверстия Ø190 мм, являющейся опорной базой наружных колец подшипников тихоходного вала, необходимо обработать с шероховатостью $Ra = 1,6$ мкм по качеству Н7, обеспечить допуск на диаметральный размер $T = 0,046$ мм;
4. Поверхность основания редуктора являются основной установочной базой для корпуса редуктора необходимо обработать с шероховатостью $Ra = 3,2$ мкм в размер 30 мм от литой поверхности верха лапы.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5. Поверхность плоскости разъема является установочной базой для крышки редуктора необходимо обработать с шероховатостью $Ra = 3,2$ мкм, выдерживая размер $338h9$ мм от плоскости основания, обеспечивая допуск на размер $T = 0,14$ мм.

6. Обеспечить допуск параллельности плоскости разъема корпуса относительно плоскости основания $T = 0,08$ мм

7. Обеспечить допуск параллельности отверстий $\varnothing 85$ под установку подшипников быстроходного вала относительно оси отверстий промежуточного вала $T = 0,05$ мм;

8. Обеспечить допуск параллельности отверстий $\varnothing 190$ под установку подшипников тихоходного вала относительно оси отверстий промежуточного вала $T = 0,05$ мм.

4.2 Анализ технологичности

Из анализа технологичности основания корпуса следует:

1. В качестве материала для производства основания корпуса используется чугун СЧ15 ГОСТ 1412–70, имеющий хорошие литейные свойства. Что позволяет использовать в качестве заготовки – отливку;

2. Конструкция основания корпуса предусматривает возможность получения заготовки литьем.

3. Обработка основания допускает использование высокопроизводительного и высокотехнологического оборудования;

4. Требования к допускам на размеры не завышены и позволяют основанию выполнять свое служебное назначение.

5. Требования к шероховатости соответствует требованиям точности размера.

6. С точки зрения механической обработки: форма и расположение отверстий диаметром $\varnothing 85H7$, $\varnothing 90H7$ и $\varnothing 190H7$ мм удобны для обработки с двух стороны отливки.

7. Деталь достаточно технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов обработки, имеет хорошие базовые поверхности для первоначальных операций и довольно проста по конструкции.

8. Обрабатываемые поверхности с точки зрения точности и шероховатости не представляют технологических трудностей, позволяют вести обработку на проход.

9. Расположение крепежных отверстий как резьбовых, так и глухих допускает многоинструментную обработку.

10. Конструкция корпуса позволяет совмещать основную конструкционную, основную технологическую и измерительные базы, что обеспечивает принцип единства баз.

11. Система простановки размеров исключает необходимость пересчета размеров.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

4.3 Методы и схемы контроля

В серийном производстве контроль точности корпусных деталей выполняют на специальных приборах, обеспечивающих автоматическое измерение одновременно нескольких параметров точности детали.

Измерительная система таких приборов основана обычно на применении пневматических, индуктивных или электроконтактных датчиков.

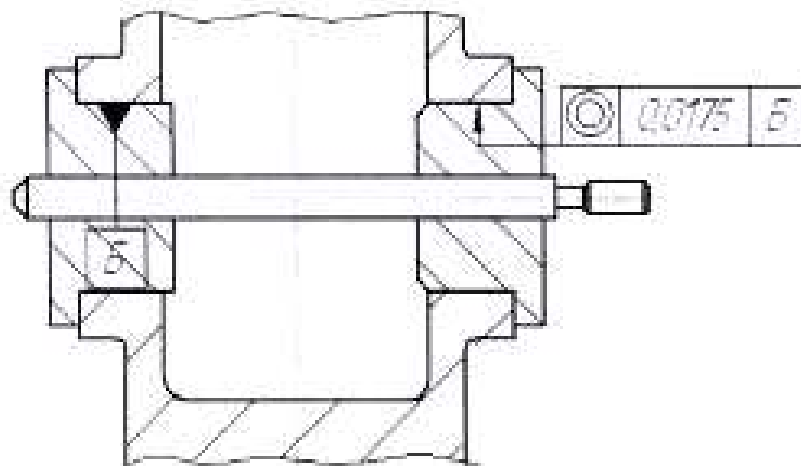


Рисунок 10 - Контроль соосности двух отверстий

Измерение точности поворота оси отверстия относительно базовой плоскости и точности расстояния от отверстия до плоскости выполняют на контрольной плите с использованием контрольной оправки и индикатора на стойке (рисунок 11)

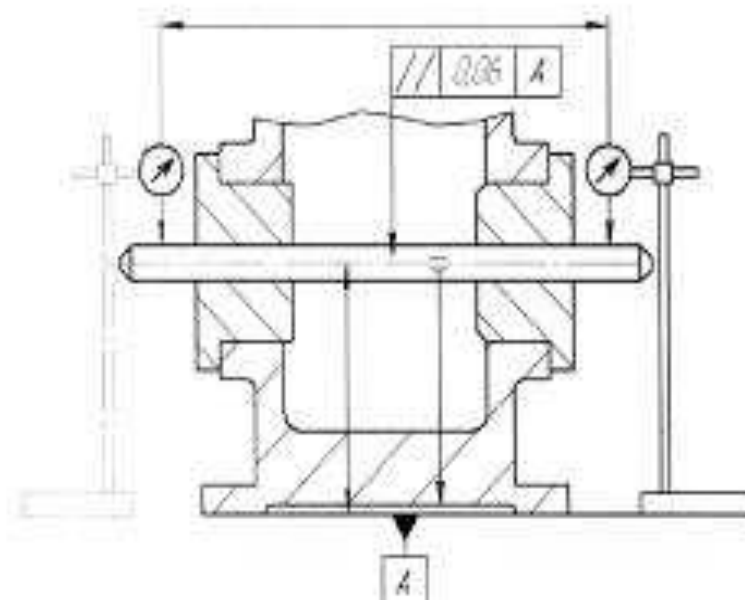


Рисунок 11 - Схема контроля точности расстояния от оси отверстия до плоскости основания и их параллельности

Отклонение от перпендикулярности торцевой плоскости к оси отверстия проверяют с помощью индикатора, установленного в специальной оправке (рисунок 12). Отклонения определяются по показаниям индикатора в положениях 1 и 2. Отклонение от перпендикулярности торцевой плоскости к оси отверстия оценивают как разность показаний, отнесенную к базовой длине D .

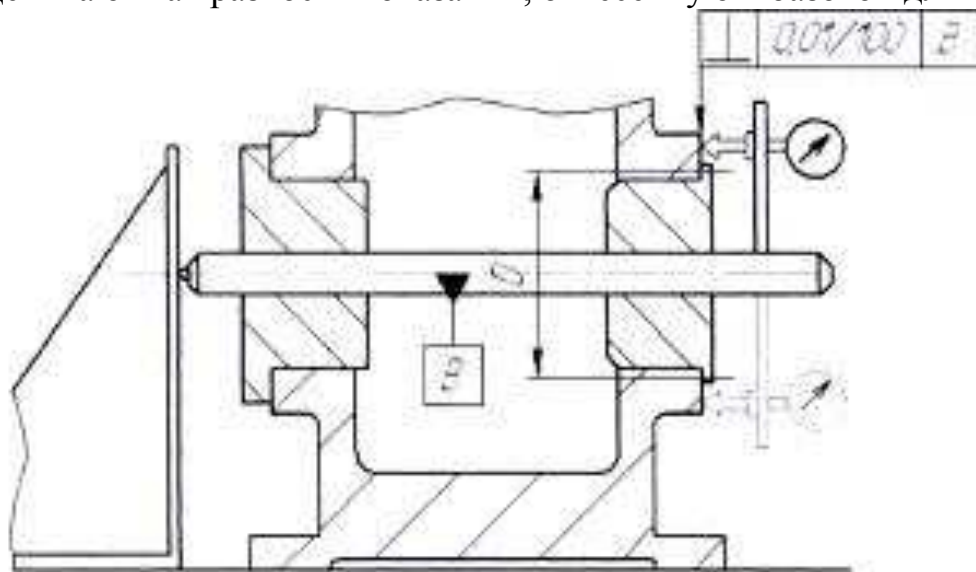


Рисунок 12 - Контроль перпендикулярности торцов к оси отверстия

Сборка передач включает в себя предварительный контроль и подготовку деталей передачи; собственно сборку; проверку; регулировку и обкатку.

После сборки передачу контролируют и регулируют радиальное биение зубчатого колеса, площадь контакта зубьев зацепляющихся зубчатых колес и боковой зазор в зацеплении. Для проверки пятна контакта один из элементов зубчатого зацепления (обычно меньшее колесо) смазывают тонким слоем краски и медленно проворачивают его на несколько оборотов. Смещение пятна контакта говорит об уменьшенном или увеличенном межосевом расстоянии, перекосе осей.

В зависимости от степени точности зубчатого колеса и его типа пятно контакта должно быть не менее 30—75% по высоте зуба и 30—95% по длине зуба. Большие площади контакта соответствуют более точным зубчатым колесам.

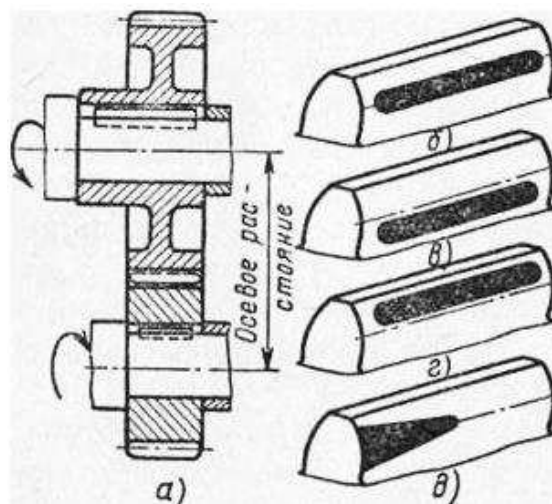


Рисунок 13 - Определение дефектов зацепления цилиндрических колес по пятну контакта: а - схема зацепления, б - нормальное межосевое расстояние, в - уменьшенное межосевое расстояние, г - увеличенное межосевое расстояние, д - перекос осей

Боковой зазор в цилиндрических и конических передачах определяют щупом или прокатыванием между зубьями свинцовой проволоочки, диаметр которой в полтора раза больше допускаемого зазора. Гарантированный боковой зазор в червячной передаче определяют по углу поворота червяка при закреплённом червячном колесе.

Собранные передачи проверяют на плавность хода и уровень шума. При наличии дефектов осуществляют регулировку передачи, а при невозможности устранения дефектов заменяют соответствующие детали.

Контроль осевой игры подшипников (рисунок 14). Необходимое радиальное биение подшипников обеспечивается методом регулирования. Измерение осевого биения выполняют при неподвижном корпусе узла измерительной головкой 2ИГ ГОСТ 18833–73 (цена деления 0,002 мм, диапазон измерения 0,1 мм, допустимая погрешность 0,0012 мм) установкой на стойке с упором ее наконечника в торец вала или зубчатого колеса, перемещая вал в осевом направлении.

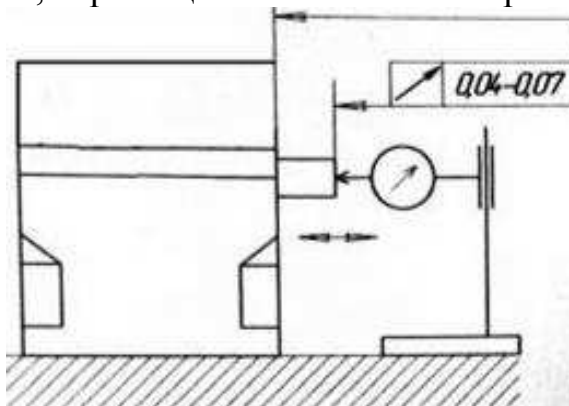


Рисунок 14 – Схема контроля радиального биения исполнительной поверхности выходного вала

4.3.1 Точность размеров

В соответствии с принципом единства и постоянства баз, конструкторская база используется в качестве основной технологической базы, а так же в качестве измерительной базы.

В процессе изготовления детали контроль размеров обрабатываемых поверхностей возможно производить необходимым мерительным инструментом.

На чертеже размеры проставлены с учетом удобства их контроля исключая необходимость в их пересчете.

4.3.2 Точность формы

В соответствии с принципом единства и постоянства баз, конструкторская база используется в качестве основной технологической базы, а также в качестве измерительной базы.

В процессе изготовления детали контроль размеров обрабатываемых поверхностей возможно производить необходимым мерительным инструментом.

На чертеже размеры проставлены с учетом удобства их контроля исключая необходимость в их пересчете.

Конструкция корпуса обеспечивает наличие надежного комплекта технологических баз.

Конструктивное решение использовать в качестве опор два поперечных выступа в основании редуктора, обработанная поверхность которых является плоскостью основания, позволяет применить высокопроизводительный метод обработки - фрезерование, причем форма выступов позволяет обрабатывать на проход. В плоскости разъема, обработка поверхности проводится на проход так же фрезерованием.

Расположение и межосевое расстояние крепежных отверстий позволяет использовать многоинструментальную обработку (многошпиндельная сверлильная головка).

Размеры резьбы позволяют использовать стандартный резьбонарезной инструмент и как следствие, стандартные крепежные детали (винты, гайки, шайбы, шпильки).

Оси главных отверстий расположены в одной плоскости, что обеспечивает однократную статическую настройку станка для их обработки.

Форма и расположение отверстий позволяет применять высокопроизводительный метод обработки – расточку на проход расточной оправкой с двумя резцами, причем как черновую, так и чистовую. Так же обеспечивается свободный подвод, отвод режущего инструмента и контроль мерительным инструментом обрабатываемых поверхностей.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

4.3.3 Качество поверхностного слоя

Параметры точности и качества поверхностей задано в соответствии с требованиями, предъявляемым к этим поверхностям для выполнения деталью своего служебного назначения. Так же требования к качеству поверхностей заданы в соответствии с нормами точности размеров.

4.4 Выбор экономичного варианта получения исходной заготовки

В качестве материала для производства основания корпуса используется чугун СЧ15 ГОСТ 1412–70, имеющий хорошие литейные свойства. Что позволяет использовать в качестве заготовки – отливку. Исходя из этого, наметим несколько возможных вариантов получения заготовки «корпус редуктора»:

- 1) литьё в песчаные формы;
- 2) литьё в оболочковые формы;
- 3) литье в кокиль.

Рассмотрим перечисленные варианты получения заготовок, для определения оптимального способа получения заготовки требуемого качества, исходя из годовой программы выпуска и массы отливки.

1. Литьё в песчаные формы [11, с. 151]. Наиболее универсальный метод, можно получить отливки самой сложной конфигурации и любой массы. Заготовки характеризуются пониженной точностью, высокими параметрами шероховатости и большими припусками на механическую обработку. Основное применение в единичном и серийном производстве.

2. Литьё в оболочковые формы [11, с.153] применяют для получения ответственных фасонных отливок в серийном и массовом производстве.

Песчано-смоляная формовочная смесь содержит мелкозернистый песок и обладает высокой подвижностью, что позволяет получить высокую точность отпечатка и малую высоту микронеровностей отливки. В результате могут быть достигнуты: точность размеров, соответствующая 12-му качеству и параметр шероховатости поверхности $R_z = 20 \dots 10$ мкм.

Литьё в оболочковые формы позволяет уменьшить объём очистных и обрубных работ примерно на 50%, расход металла на 30÷50%; объём последующей механической обработки на 40÷50%, расход формовочной смеси в 10÷20 раз. Процесс получения отливки может быть полностью механизирован.

Главный недостаток литья в оболочковые формы, является высокая стоимость связующего вещества (фенолформальдегидных смол).

3. Литьё в кокиль [11, с.151]. Для получения фасонных отливок в условиях серийного и массового производства. Отливки в кокиль имеют высокую точность размеров (11-й, 12-й качества), шероховатость поверхности $R_a = 10 \dots 5$ мкм.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

Множественность использования металлических форм может составить до нескольких тысяч заливок. Внутренняя конфигурация отливки обеспечивается с помощью песчаных или металлических стержней.

В данном случае получение заготовки этим способом неприемлемо в связи с тем, что разъем формы необходимо делать из нескольких частей, отформовать внутреннюю поверхность отливки сложно, расположить стержни, для обеспечения не обходимой точности расположения отверстий, так же сложно. Следовательно, этот способ исключаем.

Из перечисленных вариантов наиболее приемлемыми являются:

- литье в песчано-глинистые формы;
- литье в оболочковые формы.

Проведем анализ методов получения заготовки по экономическим затратам, обеспечивающий наименьшие затраты при получении заготовки.

Литье в оболочковые формы обеспечивает достаточно высокую точность заготовки, следовательно, снижается припуск на механическую обработку.

Литье в песчано-глинистые формы, для годовой программы 2500 шт./год, принимаем металлическую модель, и машинную формовку, что позволяет получать качественные однородные отливки со стабильными параметрами точности, соответствующие параметрам точности отливок полученных литьем в оболочковые формы.

Следовательно, для отливки средней сложности и условий механизированного серийного производства [3, с.219 – 227], принимаем:

- класс размерной точности отливки - 10;
- степень коробления элементов отливки - 6;
- степень точности поверхностей отливки - 14;
- по степени точности - шероховатость поверхности $Ra = 40\text{мкм}$.

Так как параметры точности заготовок совпадают, то припуски на механическую обработку будут одинаковые, следовательно, операции для требуемой механической обработки так же будут одинаковы. Различия будут в стоимости получения заготовки.

Стоимость заготовки определяем по формуле [12, с.31]:

$$S_{\text{заг}} = [(C_i/1000) \cdot Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_m \cdot k_{\text{п}}] - (Q - q) \cdot (S_{\text{отх}}/1000) \quad (4.1)$$

где C_i - базовая стоимость 1т заготовок, руб.;

Q - масса заготовки, кг:

песчано-глинистые $Q_{\text{п-г.ф.}} = 146,3 \text{ кг}$;

оболочковые формы $Q_{\text{об.ф.}} = 139,5 \text{ кг}$

q - масса готовой детали, кг; $q = 112,5 \text{ кг}$

$S_{\text{отх}}$ - цена 1т отходов, руб.; $S_{\text{отх}} = 6500 \text{ руб.}$

k_T - коэффициент, зависящий от класса точности отливки;

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

k_c – коэффициент, зависящий от группы сложности отливок (3 группа сложности);

k_b – коэффициент, зависящий от массы отливки;

k_m – коэффициент, зависящий от марки материала отливки;

k_n – коэффициент, зависящий от объема производства.

Величины всех необходимых коэффициентов приняты по рекомендациям и по данным приведенным в таблицах № 2.6÷2.11 [12, с. 31 – 36], и для каждого метода литья приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Величины коэффициентов для расчета стоимости заготовки

Метод литья	k_t	k_c	k_b	k_m	k_n	C_i
В песчаные формы	1,1	1,0	0,8	1,19	1,0	30000
В оболочковые формы	1,1	1,0	0,8	1,19	1,0	35200

Стоимость заготовки полученной литьем в песчано-глинистые формы:

$$S_{\text{зар1}} = [30 \cdot 146,3 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,19 \cdot 1,0] - (146,3 - 112,5) \cdot 6,5 = 4376,5 \text{ руб.} \quad (4.2)$$

Стоимость заготовки полученной литьем в оболочковые формы:

$$S_{\text{зар2}} = [35,2 \cdot 139,5 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,19 \cdot 1,0] - (139,5 - 112,5) \cdot 6,5 = 4572,2 \text{ руб.} \quad (4.3)$$

На основании выполненного расчета видно, что наиболее экономичным вариантом получения заготовки является, литье в песчано-глинистые формы с машинной формовкой по металлическим моделям.

Согласно ГОСТ 26645-85, на каждую обрабатываемую поверхность назначаем припуск и допуск на размер, соответствующий классу размерной точности отливки – 10, с учетом степени: коробления и точности элементов отливки. Крепежные отверстия и отверстия под резьбу в отливке не изготавливаются из-за их малого диаметра. У отливки удаляют литники и прибыли. Подвергают ее очистке от остатков формовочной смеси на дробеструйной машине.

Для снятия остаточных напряжений в отливке, выравнивания структуры и улучшения обрабатываемости резанием, производится отжиг при температуре $T_{\text{max}} = 500-550^\circ \text{C}$ в течении $t = 12$ часов [3, с.218, таб.8].

На рисунке 15 изображена оснастка для изготовления отливки в песчано-глинистой форме.

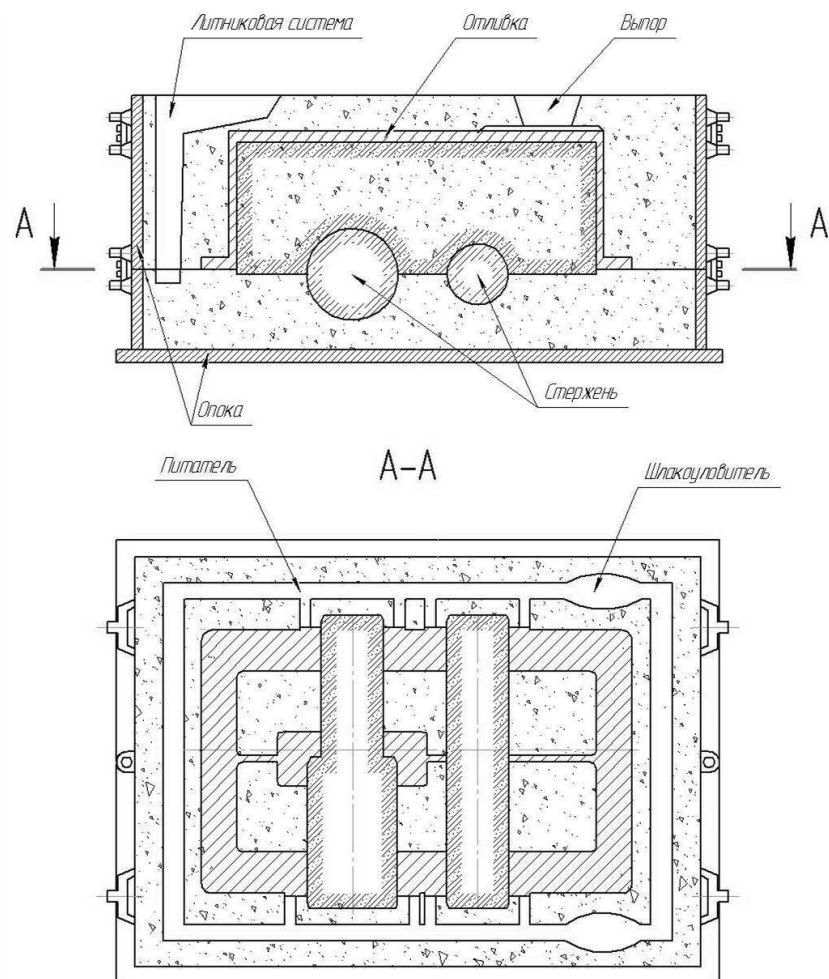


Рисунок 15 – Схема литейной оснастки для изготовления отливки в песчано-глинистой форме

4.5 Обоснование выбора технологических баз.

Основной операцией для обработки корпуса является расточка отверстий под подшипники, но для этого необходимо решить главную задачу - обеспечить равномерность припуска на обработку.

Проведем сравнительный анализ двух вариантов базирования при обработке корпуса на первой операции. При выполнении этой операции необходимо определить и обработать те поверхности, которые затем будут использоваться в качестве технологических баз на большинстве последующих операций технологического процесса.

Наиболее важной задачей решаемой на первой операции обработки данной детали является: обеспечение норм точности основных отверстий, обеспечение равномерного припуска на расточку отверстий, обеспечение простоты конструируемого приспособления, установление точности связей между двумя группами поверхностей: обрабатываемыми и остающимися без обработки. Так же необходимо обеспечить:

1. Параллельность осей отверстий под подшипник с заданной точностью;
2. Равномерность припуска на расточку отверстий под подшипники;

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

3. Перпендикулярность торцов отверстий относительно оси отверстий.

Выбор варианта базирования состоит из 2 этапов:

1) Выбор баз для основных операций технологического процесса. Для базирования на этих операциях используются 2 основные схемы базирования:

а) базирование по трем плоскостям;

б) базирование по плоскости основания и двум технологическим отверстиям.

2) Выбор технологических баз на первой операции технологического процесса.

Использование на операциях обработки резанием основных баз в качестве технологических, а затем в процессе контроля в качестве измерительных означает наиболее полное соблюдение принципа единства баз.

Выберем вариант базирования корпусной детали для основных операций (фрезерование плоскости разъема корпуса, растачивание основных отверстий и фрезерование торцов бобышек), обеспечивающий наибольшую равномерность припусков (рисунок 16).

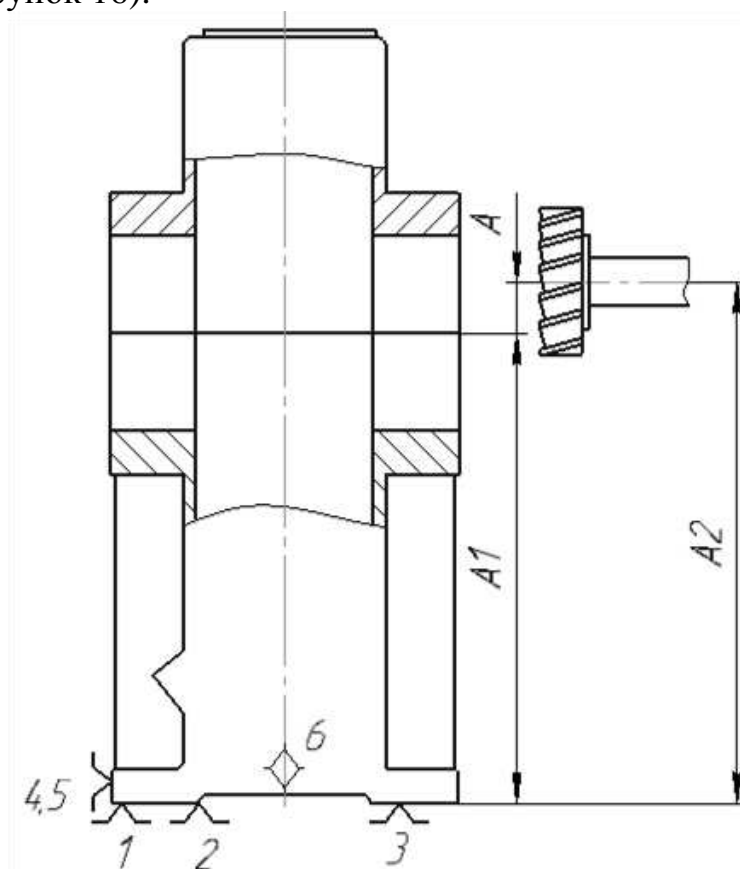


Рисунок 16 - Базирование операции фрезерования плоскости разъема A_{Δ} – замыкающее звено размерной цепи A

Погрешность базирования ωA_{Δ} будет равна:

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_2, \quad (4.4)$$

где ωA_1 – точность размера, зависящая от базирования детали на операции обработки поверхности основания;

ωA_2 – точность настройки фрезерно-расточной операции. Она составляет $\pm 0,03 \text{ мм}$.

Следовательно необходимо определить точность размера A_1 , которая будет зависеть от схемы базирования на первой операции.

1 вариант. Принимаем:

- за установочную базу – поверхность разъема корпуса и крышки;
- за направляющую базу – стенку корпуса наибольшей длины;
- в качестве опорной базы – участок короткой стенки корпуса.

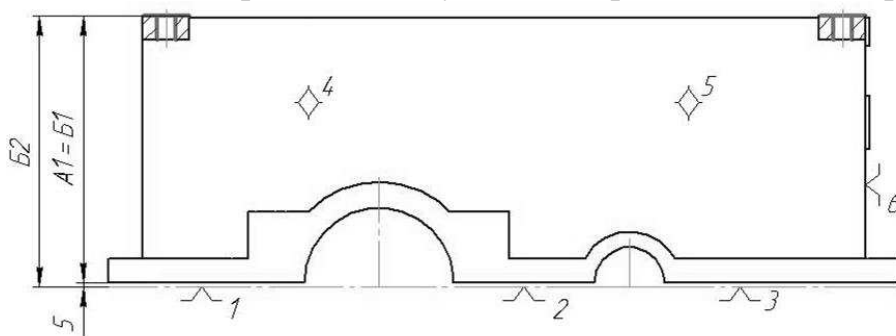


Рисунок 17 - Схема базирования корпуса по плоскости разъема и стенкам корпуса

При этой схеме базирования размер A_1 получается как замыкающее звено B_Δ размерной цепи Б:

$$\omega A_1 = \omega B_\Delta = \omega B_2 + \omega B_1 \quad (4.5)$$

С помощью нормативов средне экономической точности используемых методов обработки и допусков на размеры заготовки определим численные значения погрешностей.

Размер B_2 – это габаритный размер корпуса с припуском под обработку плоскости разъема. Для отливки назначаем допуск 4 мм, так как поле допуска симметричное для поверхностей подвергаемых обработке, то для размера B_2 $\omega B_2 = 2,5 \text{ мм}$.

Размер B_1 является допуском смещения вызванный перекосом стержня. Устанавливают в диаметральной выражении на 1, 2 класса точнее класса размерной точности отливки, по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, формируемых с участием стержня. Примем допуск на смещение для большего отверстия, как имеющего большее отклонение. Тогда поле допуска для номинального размера составит 2,5 мм.

Зная числовые значения полей допусков размеров составляющих звеньев определим поле допуска размера A_Δ :

$$\omega A_\Delta = \omega A_1 + \omega A_2 = 2,5 + 0,06 = 2,56 \text{ мм} \quad (4.6)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		50

2. вариант – базирование по главным отверстиям корпуса:

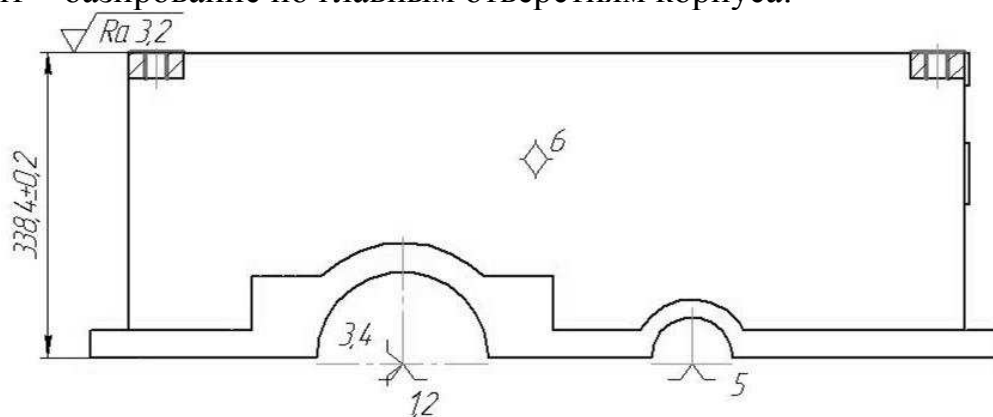


Рисунок 18 - Схема базирования корпуса по осям главных отверстий

Такая схема базирования позволяет связать плоскость основания с плоскостью осей главных отверстий.

Обработанная плоскость основания привязана к осям полуотверстий, которые расположены в одной плоскости, являющейся плоскостью разъема, следовательно, получаем максимально равномерный припуск на расточку отверстий, а также равномерный припуск на обработку плоскости разъема.

Допуск на размер от поверхности основания до оси главного отверстия $T = 0,6$ мм. Точность фрезерования поверхности основания при базировании на оправки по поверхностям литых отверстий возможно обеспечить с допуском $T = 0,7$ мм. Следовательно, погрешность $\omega_{B\Delta} = 1,3$ мм.

Погрешность размера A_{Δ} для второго варианта базирования составит:

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_2 = \omega B_{\Delta} + 0,03 = 1,33 \text{ мм.} \quad (4.7)$$

Следовательно, параметр ωA_{Δ} представляющий собой поле рассеяния замыкающего звена при первом варианте базирования будет больше, чем при втором варианте.

На основании проведенного анализа вариантов базирования и расчета погрешностей, принимаем второй вариант базирования корпуса редуктора на первой операции, обеспечивающий наиболее точное решение задачи по установлению связей между двумя группами поверхностей: обрабатываемыми и остающимися без обработки. Так же этот вариант базирования позволяет однозначно определить положение осей, относительно которых заданы параметры точности на обрабатываемые поверхности:

1. Параллельность осей отверстий под подшипник с заданной точностью;
2. Равномерность припуска на расточку отверстий под подшипники;
3. Перпендикулярность осей отверстий под подшипник с заданной точностью.

4.6 Проектирование последовательности изготовления

Последовательность изготовления корпуса, в базовом варианте, представлена в графической части.

На первой операции 005 А., базирование детали осуществляется по осям главного отверстия с установкой на пальцы. Технологические переходы, станок и операционный эскиз, применяемые на первой операции представлены в таблице 8.

На первой операции 005 Б., базирование детали осуществляется по обработанной на первой операции установочной базе, и по двум обработанным отверстиям (двойная опорная база) в приспособлении. Технологические переходы, станок и операционный эскиз, применяемые на второй операции представлены в таблице 8.

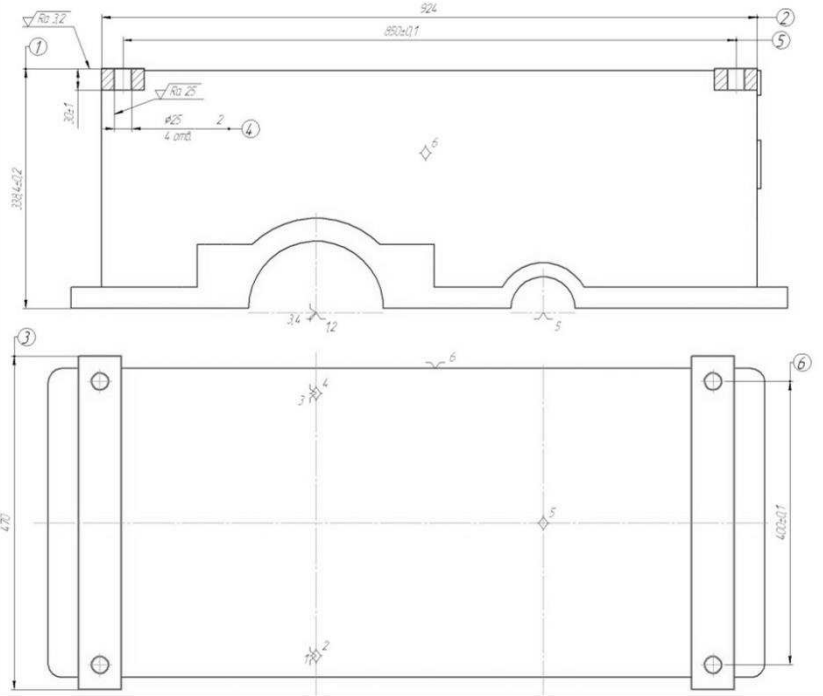
На второй операции 010, осуществляется сбор крышки и корпуса редуктора с установкой на штифты.

На третьей операции 015, базирование детали осуществляется по обработанной на первой операции установочной базы, и по двум обработанным отверстиям (двойная опорная база) в приспособлении.

Технологические переходы, станок и операционный эскиз, применяемые на операции представлены в таблице 8.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		52

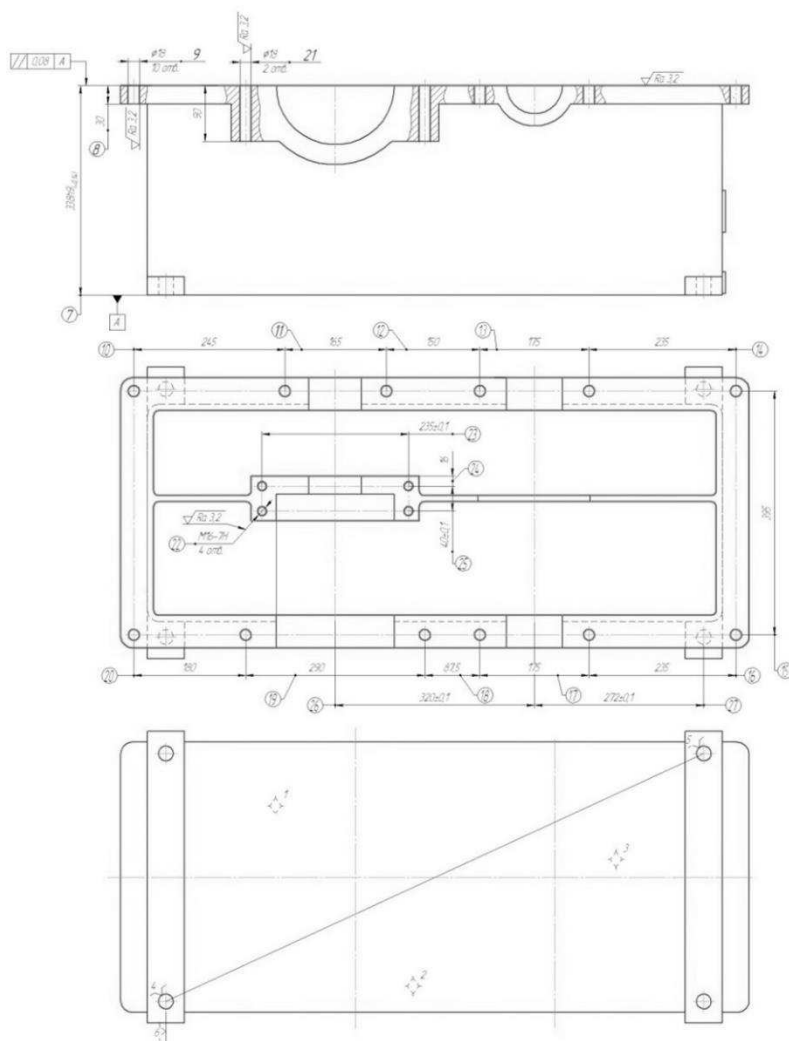
Таблица 8 – Операции технологического процесса обработки корпуса редуктора

Номер и наименование перехода (операции)	Оборудование	Операционный эскиз
<p>005 Фрезерно-сверлильная:</p> <p>А. Установить, проверить, закрепить.</p> <p>1. Черновое и чистовое фрезерование поверхности выдерживая размер 1,2,3 для получения установочной технологической базы;</p> <p>2. Центрование и сверление 4 крепежных отверстий выдерживая размер 5,6.</p>	<p>5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40</p>	

Б. Установить, проверить, закрепить.

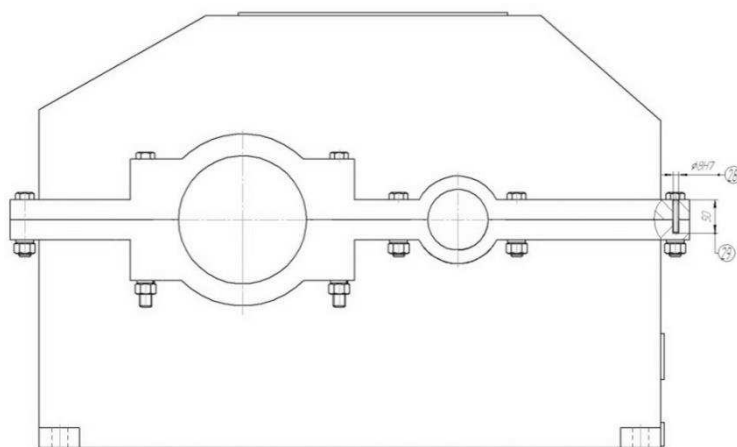
1. Черновое, чистовое фрезерование поверхности разъема выдерживая размеры 7,8 для достижения необходимой точности на других переходах;
2. Центрование, сверление 10 отверстий 9, выдерживая размеры 10,11,12,13,14,15,16,17, 18,20,26,27
3. Центрование, сверление 2 отверстий 21, выдерживая размеры 19,26,27,15.
4. Центрование, сверление 4 отверстий 22, нарезание резьбы М16-7Н, выдерживая размеры 23,24,25,26,27

5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40



010 Слесарно-сборочная

1. Сбор крышки и корпуса редуктора с установкой на болты.
2. Сверление отверстий 28 в размер 29 под штифты, установка штифтов.



Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

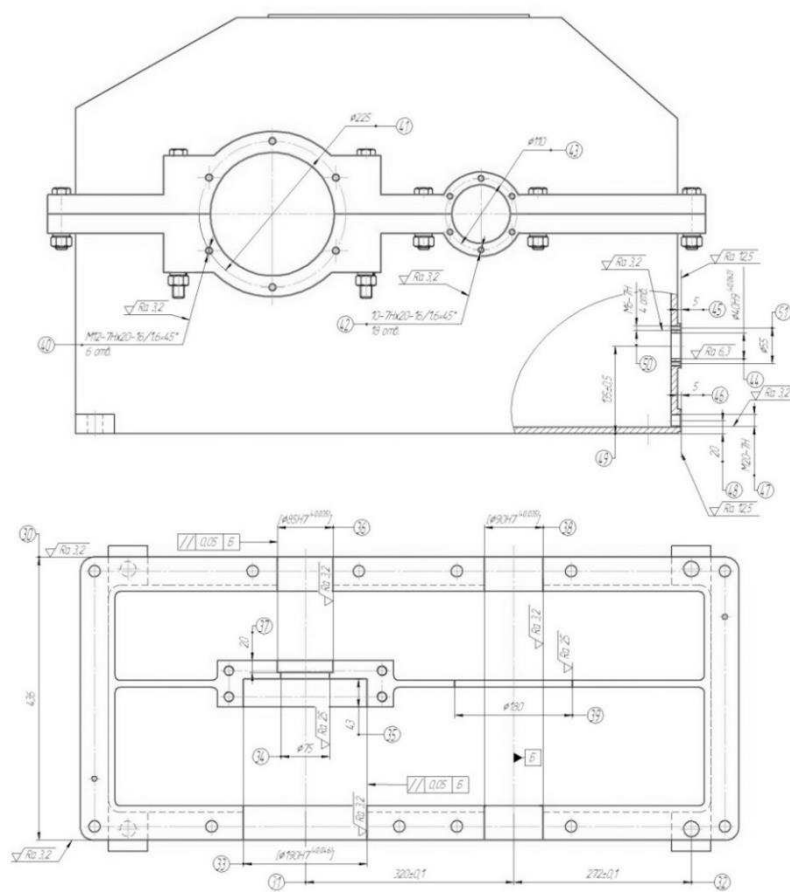
ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ

Лист

54

11. Сверление отверстия
47, зенкование фаски
нарезание резьбы, выдер-
живая размеры 48

5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40



Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ

Лист

55

4.7 Определение припусков и межоперационных размеров

Выполним расчёт припусков, расчётно-аналитическим методом, для плоскости разъёма и двух отверстий: отверстие под подшипники входного вала $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$ мм и установочной поверхности корпуса $338h9_{(-0,14)}$ мм. На остальные обрабатываемые поверхности назначим припуски и допуски по ГОСТ 26645-85.

Заготовка представляет собой отливку из серого чугуна СЧ15 ГОСТ 1412–79, массой 146,3 кг, полученной литьем в песчано-глинистые формы, точность которой составляет 10 – 6 – 14 — 10 См 1,6 ГОСТ 26645-85:

- класс размерной точности отливки - 10;
- степень коробления элементов отливки - 6;
- степень точности поверхностей отливки - 14;
- класс точности массы - 10;
- смещение по плоскости разъема полуформ – 1,6 мм;
- по степени точности - шероховатость поверхности $Ra = 40\text{мкм}$;
- ряд припусков на обработку - 7.

Базирование заготовки осуществляется по двум установочным отверстиям в корпусе, что позволит однозначно определить положение плоскости разъема корпуса. Схема установки корпуса редуктора, приведена на рисунке 19 и 20.

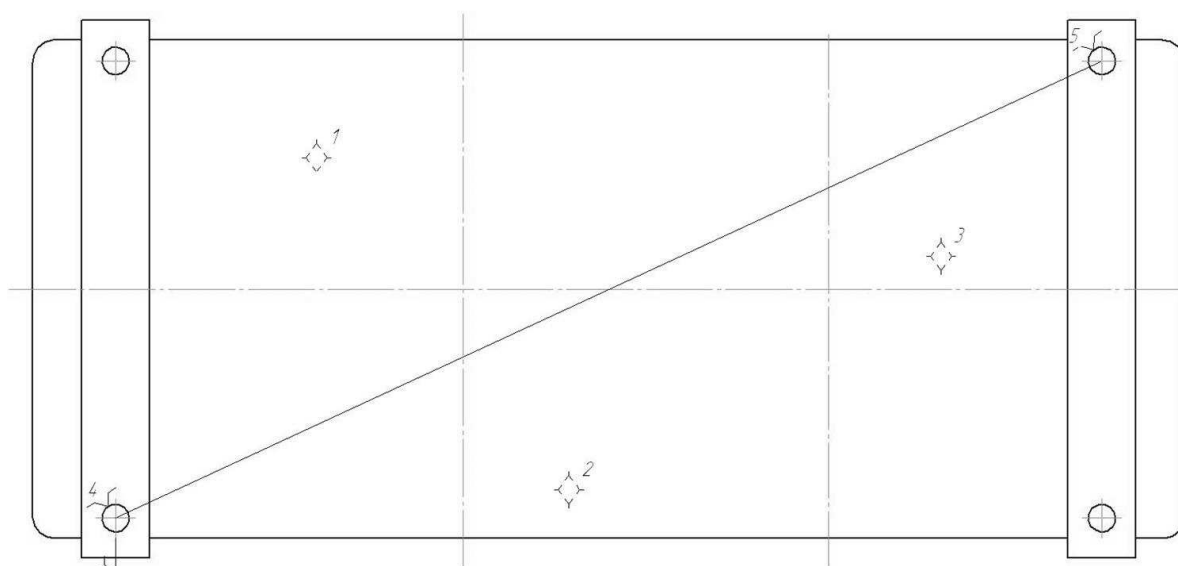


Рисунок 19 - Схема установки корпуса редуктора для обработки отверстий под подшипники валов $\varnothing 90H7^{(+0,035)}$, $\varnothing 85H7^{(+0,035)}$ $\varnothing 190H7^{(+0,046)}$ мм

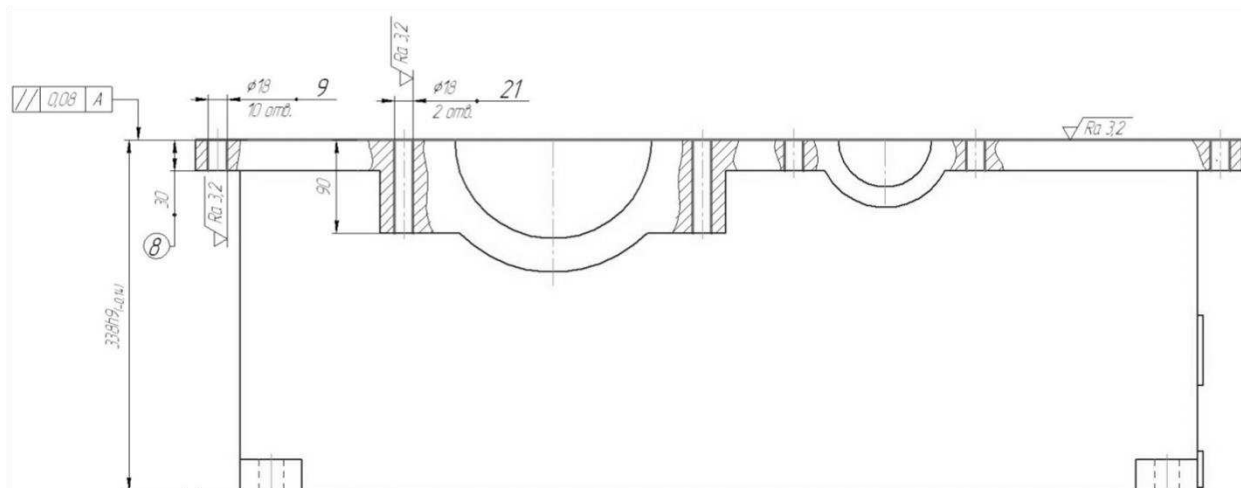


Рисунок 20- Схема установки корпуса редуктора для обработки установочной поверхности корпуса 338h9_(-0,14) мм

На основании 10-го класса размерной точности отливки по табл. 14 [3, с.230] на номинальные размеры определим допуски на размеры отливки:

- на расстояние 338 мм, принимаем на один класс точнее, так как получен одной полуформой, $T_3 = 3,2$ мм;
- на размер отверстия $\varnothing 90$ мм, $T_3 = 2,2$ мм

Допуск неровностей поверхностей отливки, для 14-й степени точности поверхности отливки [3, с.239], составляет 1,0 мм.

Допуски формы и расположения элементов отливки, для 6-й степени коблечения [3, с.232], с учетом номинальных размеров:

- на расстояние 338 мм, составит – 0,64 мм;
- на размер отверстия $\varnothing 90$ мм, составит – 0,4 мм.

На основании полученных допусков на размеры, на форму и расположение поверхностей, находим общие допуски на элементы отливки [46, с.232-239]. Так как допуск неровности поверхности не превышает допуска размерной точности, то его не учитываем, следовательно:

- для допуска размера 338 мм, от поверхности до базы 3,2 мм, и допуска формы и расположения 0,64 мм, общий допуск элемента отливки $T_{заг} = 3,6$ мм.
- для размера отверстия $\varnothing 90$ мм, у которого ось является базой, допуск от поверхности до базы 1,1 мм, и допуска формы и расположения 0,4 мм, общий допуск элемента отливки $T_{заг} = 1,4$ мм.

Обработка осуществляется с одной установки на 5-ти осевом фрезерном обрабатывающем центре Haas VF-6/40, с изменяемым положением шпинделя и поворотным столом.

В результате обработки необходимо выдержать расстояние 338h9_(-0,14) мм от базовой поверхности, в качестве которой принята установочная плоскость, и обеспечить шероховатость поверхности по $Ra = 3,2$ мкм.

Требуемая точность размера детали $T_d = 0,14$ мм и шероховатость поверхности обеспечивается чистовым фрезерованием торцевой фрезой $T_d = T_2$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		57

Чистовой обработке предшествует черновое фрезерование по Т14, которое позволит обеспечить точность размера $T_1 = 0,5$ мм, в пределах $\pm 0,25$ мм. Определим требуемое уточнение ε_{To} :

$$\varepsilon_{To} = T_{\text{заг}} / T_{\text{д}} = 3,2 / 0,14 = 22,85 \quad (4.8)$$

где T_3 – допуск на размер заготовки; $T_{\text{д}}$ – допуск на размер детали.

Уточнение при чистовом фрезеровании: $\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0,5 / 0,14 = 3,57$

Уточнение при черновом фрезеровании: $\varepsilon_1 = T_{\text{заг}} / T_2 = 3,2 / 0,5 = 6,4$

Общее уточнение, полученное в результате выполнения выбранных переходов:

$$\varepsilon_o = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 3,57 \cdot 6,4 = 22,84 \geq \varepsilon_{To}, \quad (4.9)$$

что гарантирует достижение требуемой точности детали.

Таким образом, технологический маршрут обработки состоит:

- Черновое фрезерование ($R_z = 80$ мкм, 14 квалитет);
- Чистовое фрезерование ($R_a = 3,2$ мкм, 9 квалитет).

Минимальный припуск при последовательной обработке поверхностей (односторонний припуск), определяется по формуле [3, с.332]:

$$Z_{i \min} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (4.10)$$

где $R_{z_{i-1}}$ – высота неровности профиля на предшествующем переходе, мкм;

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарные отклонения расположения и формы поверхности, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Для отливок из чугуна при машинной формовке по металлическим моделям и наибольшем размере от 500 мм до 1250 мм [3, с.329, таб.6]:

$$R_z + h = 600 \text{ мкм}. \quad (4.11)$$

Погрешность расположения и формы поверхности были определены из таблицы 15 [3, с.232]: $\Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,64$ мм

Погрешность установки отливки по таблице 18 [3, с.52]: погрешность установки при черновом фрезеровании:

$$\varepsilon_{y1} = 0,051 \text{ мм}$$

Тогда минимальный припуск под черновое фрезерование:

$$Z_{1 \min} = 600 + 640 + 51 = 1291 \text{ мкм} \quad (4.12)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		58

После первого технологического перехода чернового фрезерования [3, с.332, таб.10]: назначаем – $R_z = 80$ мкм; $h = 80$ мкм.

Остаточное пространственное отклонение:

$$\Delta_{\text{ост}} = k_y \cdot \Delta_{\text{заг}} \quad (4.13)$$

где k_y – коэффициент уточнения формы [13 с.18, таб. 2.13].

После чернового фрезерования:

$$\Delta_{\Sigma 1} = 0,06 \cdot 640 = 38 \text{ мкм.} \quad (4.14)$$

Погрешность установки при чистовом фрезеровании $\varepsilon_{yi-1} = 0$, так как чистовое и черновое фрезерование проводится с одной установки без перезакрепления заготовки.

Определим минимальный припуск под чистовое фрезерование:

$$z_{2 \text{ min}} = 160 + 38 + 0 = 198 \text{ мкм} \quad (4.15)$$

Графу «Расчётный размер» таблицы 15 заполняем, начиная с конечного минимального размера по чертежу, последовательным прибавлением расчётного минимального припуска, каждого технологического перехода:

$$- A_{p2} = A_{\text{min } 2} + z_{2 \text{ min}} = 337,86 + 0,198 = 338,058 \text{ мм;}$$

$$- A_{p1} = A_{\text{min } 1} + z_{1 \text{ min}} = 338,058 + 1,291 = 339,349 \text{ мм.}$$

Значение допусков каждого технологического перехода принимаем по таблице [3, с.341, таб.32], в соответствии с качеством, используемого метода обработки.

Наименьший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону увеличения их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер.

Наибольшие предельные размеры определяем прибавлением допусков к наименьшим предельным размерам:

$$A_{\text{max } 2} = A_{\text{min } 2} + T_2 = 337,86 + 0,14 = 338 \text{ мм;}$$

$$A_{\text{max } 1} = A_{\text{min } 1} + T_1 = 338,06 + 0,75 = 338,81 \text{ мм;}$$

$$A_{\text{max заг}} = A_{\text{min заг}} + T_{\text{заг}} = 339,35 + 3,2 = 342,55 \text{ мм}$$

Минимальные значения припусков равны разности наименьших предельных размеров, а максимальные значения, соответственно разности наибольших предельных размеров:

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		59

$$z_{\min 2}^{\text{и.д.}} = A_{\min 1} - A_{\min 2} = 338,06 - 337,86 = 0,2 \text{ мм};$$

$$z_{\min 1}^{\text{и.д.}} = A_{\min \text{ заг}} - A_{\min 1} = 339,35 - 338,06 = 1,29 \text{ мм};$$

$$z_{\max 2}^{\text{и.д.}} = A_{\max 1} - A_{\max 2} = 338,81 - 338 = 0,81 \text{ мм};$$

$$z_{\max 1}^{\text{и.д.}} = A_{\max \text{ заг}} - A_{\max 1} = 342,55 - 338,81 = 3,74 \text{ мм}.$$

Общие припуски $z_{0 \min}$ и $z_{0 \max}$ определяем, суммируя промежуточные припуски, и записываем их значения внизу соответствующих граф.

$$z_{0 \min} = 1290 + 200 = 1490 \text{ мкм};$$

$$z_{0 \max} = 3740 + 810 = 4550 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск:

$$z_{0 \text{ ном}} = z_{0 \min} + H_{\text{заг}} - H_{\text{д}} = 1490 + 1600 - 140 = 2950 \text{ мкм} = 2,95 \text{ мм}.$$

Номинальный размер заготовки:

$$A_{\text{заг. ном}} = A_{\text{д. ном}} + z_{0 \text{ ном}} = 338 + 2,95 = 340,95 = 341 \text{ мм}.$$

Произведём проверку правильности расчёта:

$2z_{\max 2} - 2z_{\min 2} = T_1 - T_2$ $810 - 200 = 750 - 140$ $610 = 610$	$2z_{\max 1} - 2z_{\min 1} = T_{\text{д}} - T_1$ $3740 - 1290 = 3200 - 750$ $2450 = 2450$
---	---

На основании данных расчётов построим схему расположения припусков и допусков на размер $338_{-0,14}^{\text{мм}}$ (рисунок 21).

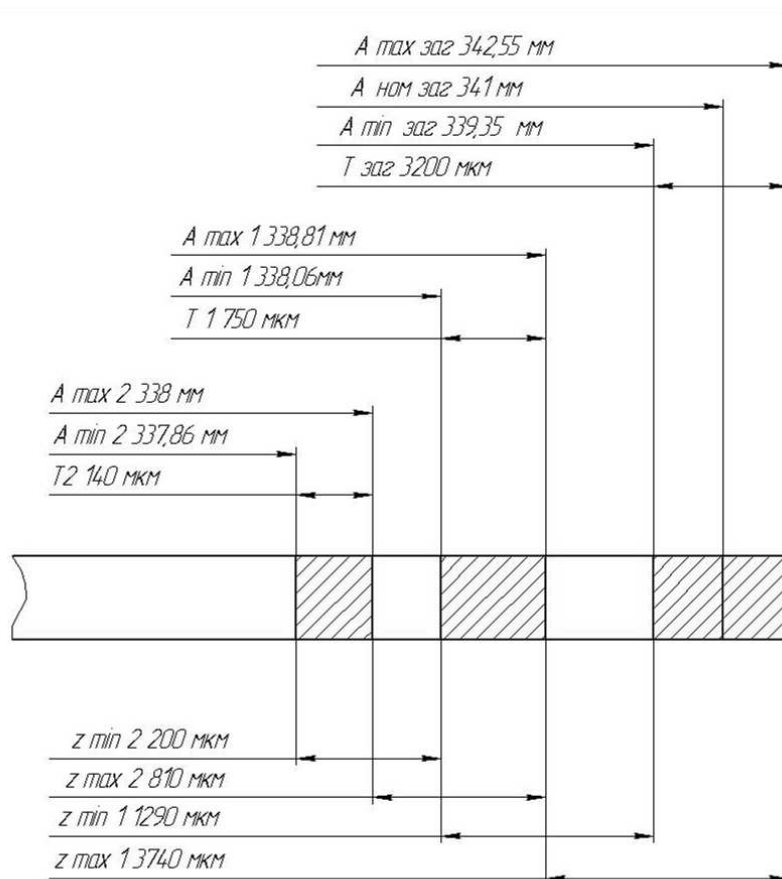


Рисунок 21 – Схема расположения припусков и допусков на обработку плоскости разъема корпуса редуктора, на размер 338h9(-0,14) мм от плоскости основания

Таблица 9 – Расчёт припусков и предельных размеров на обработку плоскости разъема в размер 338_{-0,14} мм, от установочной плоскости корпуса.

Технологические переходы обработки элементарной поверхности	Элементы припуска, мм.				Расчётный припуск, мкм Z _{min}	Расчётный размер ϕ_p , мм	Допуск T, мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	Δ_Σ	ϵ_y				A _{min}	A _{max}	Z _{min} ^{пр}	Z _{max} ^{пр}
Заготовка (отливка I кл. точности)	600		640	51	1291	339,349	3200	339,35	342,55	—	—
1.Фрезерование (черновое)	80	80	38	0	198	338,058	750	338,06	338,81	1290	3740
2.Фрезерование (чистовое)	—	—	—	—	—	337,86	140	337,86	338	200	810
Итого, Σ :										1490	4550

В результате обработки необходимо обеспечить точность размера отверстия $\varnothing 90^{(+0,035)}$ мм ($T_d = 0,035$ мм) и обеспечить шероховатость поверхности по $Ra = 1,6$ мкм.

По таблице 14 [3, с.230], находим допуск на диаметр литого отверстия, для 10-го класса размерной точности, $T_{заг} = 2,8$ мм и назначаем предельные отклонения отверстия $\pm 1,4$ мм.

Определим требуемое уточнение $\varepsilon_{То}$, которое необходимо обеспечить при растачивании литого отверстия:

$$\varepsilon_{То} = T_{заг} / T_d = 2,8 / 0,035 = 80 \quad (4.16)$$

Требуемая точность размера детали $T_d = 0,035$ мм и шероховатость поверхности $Ra = 1,6$ мкм, обеспечивается чистовым растачиванием с точностью $T_d = T_3$.

Чистовой обработке предшествует получистовое растачивание по IT10, которое позволит обеспечить точность размера $T_2 = 0,085$ мм. Уточнение при чистовом фрезеровании:

$$\varepsilon_3 = T_2 / T_d = 0,085 / 0,035 = 2,43 \quad (4.17)$$

Получистовому растачиванию предшествует черновое по IT13, соответственно, точность размера $T_1 = 0,25$ мм. Уточнение при получистовом растачивании:

$$\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0,25 / 0,085 = 2,94 \quad (4.18)$$

Уточнение при черновом растачивании:

$$\varepsilon_1 = T_{заг} / T_1 = 2,8 / 0,25 = 11,2 \quad (4.19)$$

Общее уточнение, полученное в результате выполнения выбранных переходов:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 2,43 \cdot 2,94 \cdot 11,2 = 80,02 \geq \varepsilon_{То}, \quad (4.20)$$

гарантирует достижение требуемой точности детали.

Таким образом, технологический маршрут обработки состоит [46, с.13-23]:

- Черновое растачивание ($Rz = 60$ мкм, 12 квалитет);
- Получистовое растачивание ($Rz = 25$ мкм, 9 квалитет);
- Чистовое растачивание ($Ra = 1,6$ мкм, 7 квалитет).

Расчёт припусков на обработку приведён в таблице № 16 с описанием технологического маршрута обработки отверстия и всех значений припусков.

Минимальный припуск при обработке поверхностей вращения, определяется по формуле [3, с. 322]:

$$2Z_{i\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\sum i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (4.21)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		62

где Rz_{i-1} – высота неровности профиля на предшествующем переходе, мкм;
 h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарные отклонения расположения и формы поверхности, мкм;
 ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Для отливок из стали при машинной формовке по металлическим моделям и наибольшем размере до 500 мм [46, с.329, таб.6]: $Rz + h = 600$ мкм.

Погрешность расположения и формы поверхности определяем из таблицы 15 [3, с.232]: $\Delta_{p.ф.o} = 0,5$ мм.

Погрешность расположения оси отверстия относительно технологических баз, принимаем смещение вызванное перекосом стержня $\Delta_{p.т.б} = 1,4$ мм.

Суммарная погрешность расположения и формы:

$$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = (\Delta_{p.ф.o}^2 + \Delta_{p.т.б}^2)^{0,5} = (0,5^2 + 1,4^2)^{0,5} = 1,48 \text{ мм.} \quad (4.22)$$

Погрешность установки отливки на пальцы считаются по таблице 15 [46,с.52]:

Погрешность установки при черновом растачивании: $\varepsilon_i = 51$ мкм

Тогда минимальный припуск под черновое растачивание:

$$z_{1 \min} = 600 + 1480 + 51 = 2131 \text{ мкм} \quad (4.23)$$

После первого технологического перехода чернового растачивания [46, с.332, таб.10]: назначаем – $Rz = 50$ мкм; $h = 50$ мкм.

Остаточное пространственное отклонение после чернового растачивания, определим из выражения:

$$\Delta_1 = k_y \cdot \Delta_{\Sigma \text{заг}} \quad (4.24)$$

где k_y – коэффициент уточнения формы [13, с.18, таб. 2.13].

Тогда после чернового фрезерования:

$$\Delta_{\Sigma 1} = 0,06 \cdot 1480 = 89 \text{ мкм.} \quad (4.25)$$

Погрешность установки при получистовом растачивании $\varepsilon_{yi-1} = 0$, так как чистовое, получистовое и черновое растачивание проводится с одной установки без перезакрепления заготовки.

Определим минимальный припуск под получистовое растачивание:

$$z_{2 \min} = 160 + 89 + 0 = 249 \text{ мкм} \quad (4.26)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

После второго технологического перехода получистового растачивания [46, с.332, таб.10]: назначаем – $R_z = 25$ мкм; $h = 35$ мкм.

Остаточное пространственное отклонение:

$$\Delta_{\Sigma 2} = k_y \cdot \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,04 \cdot 1480 = 59,8 \text{ мкм}, \quad (4.27)$$

где k_y – коэффициент уточнения формы [23, с.18, таб. 2.13].

Погрешность установки при чистовом растачивании $\varepsilon_{yi-1} = 0$.

Определим минимальный припуск под чистовое растачивание:

$$z_{3 \text{ min}} = 50 + 59,8 + 0 = 109 \text{ мкм} \quad (4.28)$$

Графу «Расчётный размер» таблицы 16 заполняем, начиная с конечного размера, последовательным вычитанием расчётного минимального припуска, каждого технологического перехода:

- для получистового растачивания: $d_{p2} = 90,035 - 0,109 = 89,926$ мм;
- для чернового растачивания: $d_{p1} = 89,926 - 0,249 = 89,677$ мм;
- для заготовки: $d_{p.\text{заг.}} = 89,677 - 2,131 = 87,524$ мм.

Значение допусков принимаем по таблице [3, с.341, таб.32], в соответствии с качеством, используемого метода обработки.

Наибольший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону уменьшения их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер.

Наименьшие предельные размеры определяем вычитанием допусков от наибольших предельных размеров:

$$\begin{aligned} d_{\min 3} &= d_{\max 3} - T_3 = 90,035 - 0,035 = 90 \text{ мм}; \\ d_{\min 2} &= d_{\max 2} - T_2 = 89,926 - 0,085 = 89,841 \text{ мм}; \\ d_{\min 1} &= d_{\max 1} - T_1 = 89,67 - 0,25 = 89,42 \text{ мм}; \\ d_{\min \text{ заг}} &= d_{\max \text{ заг}} - T_{\text{заг}} = 87,5 - 2,8 = 84,7 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Минимальные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров, а максимальные значения соответственно разности наименьших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов:

$$\begin{aligned} 2z_{\max 3} &= d_{\min 3} - d_{\min 2} = 90 - 89,841 = 0,159 \text{ мм} = 159 \text{ мкм}; \\ 2z_{\max 2}^{i \delta} &= d_{\min 2} - d_{\min 1} = 89,841 - 89,42 = 0,421 \text{ мм} = 421 \text{ мкм}; \\ 2z_{\max 1}^{i \delta} &= d_{\min 1} - d_{\min \text{ заг}} = 89,42 - 84,7 = 4,72 \text{ мм} = 4720 \text{ мкм}; \\ 2z_{\min 3}^{i \delta} &= d_{\max 3} - d_{\max 2} = 90,035 - 89,926 = 0,109 \text{ мм} = 109 \text{ мкм}; \\ 2z_{\min 2}^{i \delta} &= d_{\max 2} - d_{\max 1} = 89,926 - 89,67 = 0,256 \text{ мм} = 256 \text{ мкм}; \\ 2z_{\min 1}^{i \delta} &= d_{\max 1} - d_{\max \text{ заг}} = 89,67 - 87,5 = 2,17 \text{ мм} = 2170 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Общие припуски $z_{0 \text{ min}}$ и $z_{0 \text{ max}}$ определяем, суммируя промежуточные припуски, и записываем их значения внизу соответствующих граф.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		64

$$2z_{0\min} = 109 + 256 + 2170 = 2535 \text{ мкм};$$

$$2z_{0\max} = 159 + 421 + 4720 = 5300 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск:

$$z_{0\text{ ном}} = z_{0\min} + B_{\text{заг}} - B_{\text{д}} = 2535 + 1400 - 35 = 3900 \text{ мкм} = 3,9 \text{ мм}.$$

$$\text{Номинальный диаметр заготовки: } d_{\text{заг. ном}} = d_{\text{д. ном}} - z_{0\text{ ном}} = 90 - 3,9 = 86,1 \text{ мм}.$$

Произведём проверку правильности расчёта:

$2z_{\max 3} - 2z_{\min 3} = T_2 - T_3$ $159 - 109 = 85 - 35$ $50 = 50$	$2z_{\max 2} - 2z_{\min 2} = T_1 - T_2$ $421 - 256 = 250 - 85$ $165 = 165$	$2z_{\max 1} - 2z_{\min 1} = T_{\text{д}} - T_1$ $4720 - 2170 = 2800 - 250$ $2550 = 2550$
---	--	---

На основании данных расчётов построим схему графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\varnothing 90\text{H}7^{(+0,035)}$ в корпусе редуктора (рисунок 22).

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		65

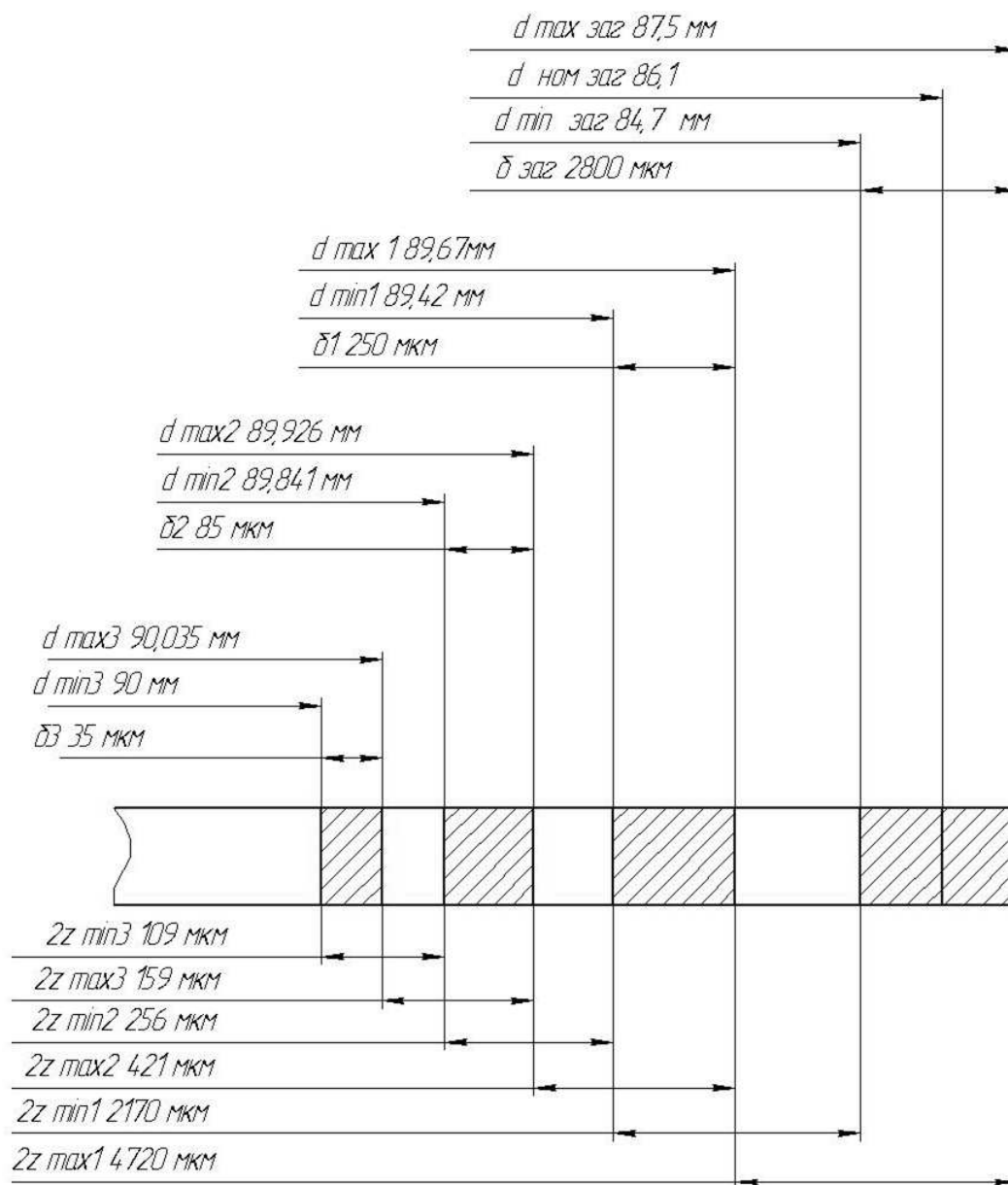


Рисунок 22– Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\varnothing 90H7(+0,035)$

Таблица 10 – Расчёт припусков и предельных размеров на обработку отверстия корпуса насоса $\varnothing 90H7 (+0,035)$ мм.

Технологические переходы обработки элементарной поверхности	Элементы припуска, мм.				Расчётный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчётный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	Δ_Σ	ε_y				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{\text{пр}}$	$2Z_{\max}^{\text{пр}}$
Заготовка (отливка I кл. точности)	600		148 0	51	213 1	87,546	2800	84,7	87,5	–	–
1.Растачивание (черновое)	80	80	92	0	249	89,677	250	89,42	89,67	2170	4720
2.Растачивание (получистовое)	25	25	62	0	109	89,926	85	89,841	89,926	256	421
3.Растачивание (чистовое)	–	–	–	–	–	90,035	35	90	92,035	109	159
Итого, Σ :										2535	5300

Таблица 11 – Припуски и допуски на рассматриваемые размеры отливки корпуса редуктора.

Номинальный размер детали	Припуск на механическую обработку		Допуск
	табличный	расчетный	
$\varnothing 90$	2·3,1	2·2,1	$\pm 1,4$
338	5,4	3,0	$\pm 1,5$

На основании величин припусков приведенных в таблице 10, можно сделать вывод: изготовление литейной оснастки по расчетным припускам, позволит уменьшить припуски на механическую обработку, что позволяет снизить объем отходов и нормы времени на механическую обработку.

4.8 Проектирование технологических операций механической обработки

4.8.1 Структура и содержание операций

Структуру операций задаем по следующему принципу:

- 1) количество одновременно обрабатываемых заготовок на станке (одноместные, многоместные);
- 2) количество работающих инструментов в наладке (одноинструментная, многоинструментная);
- 3) порядок выполнения переходов (последовательный, параллельный, параллельно-последовательный).

Структура операций представлена в таблице 12. Основные параметры предлагаемого станочного оборудования - 5-ти осевого фрезерного обрабатывающего центра Haas VF-6/40 приведены в таблице 13.

Таблица 12 – Структура и содержание операций

№	Структура и содержание операции	Технологическое оборудование
005	Обработка последовательная, одноместная А. Фрезерно-сверлильно-расточная: 1.Черновое и чистовое фрезерование плоскости основания. 2.Сверление и развертывание 4-х крепежных отверстий плоскости основания.	5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40 Обработка токарная на вращающемся столе и фрезерная на зафиксированном столе. Поворотный шпиндель от + 60° до - 105°.
005	Б. Фрезерно-сверлильно-расточная: 1.Черновое, чистовое фрезерование плоскости разъема; 2.Центрование, сверление 10 отверстий в плоскости разъема; 3.Центрование, сверление 2 отверстий в плоскости разъема. 4.Сверление, нарезание резьб в 4 отверстиях в плоскости	
015	015 Фрезерно-сверлильно-расточная: 1.Черновое и чистовое фрезерование торцов подшипниковых гнезд; 2.Черновое, получистовое, чистовое растачивание отверстий под подшипники; 3. Центровка, сверление и нарезание резьбы в 12 отверстиях; 4. Центровка, сверление и нарезание резьбы в 12 отверстиях; 5. Фрезерование площадки под маслоуказатель; 6. Растачивание отверстия под маслоуказатель; 7. Сверление отверстий, нарезка резьбы под маслоуказатель. 8.Фрезерование площадки под сливную пробку 9. Сверление отверстия, нарезка резьбы под пробку	

Таблица 13 – Основные параметры 5-ти осевого фрезерного обрабатывающего центра Haas VF-6/40

Технические характеристики	Haas VF-6/40
Макс. перемещение по оси X, мм	1626
Макс. перемещение по оси Y, мм	813
Макс. перемещение по оси Z, мм	762
Максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	864
Минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	102
Длина стола, мм	162
Ширина стола, мм	711
Ширина Т-образных пазов, мм	16
Расстояние между Т-образными пазами, мм	125
Размер конуса шпинделя	40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8100
Макс. мощность шпинделя, кВт	22,4
Макс. крутящий момент, кН	122
Макс. осевое усилие, кН	24,9
Макс. скорость холостых подач, м/мин	15,2
Макс. рабочие подачи по осям XYZ, м/мин	12,7
Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт	24+1
Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм	76
Время смены инструмента (среднее), сек	2,8
Точность позиционирования, мм	±0,0076 (при использовании измер. линеек)

4.8.2 Расчет режимов резания

Черновое фрезерование

Исходные данные:

- материал – СЧ 15
- ширина фрезерования $B=125$ мм;
- станок - 5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40
- фреза - с механическим креплением пятигранных пластин из твёрдого сплава ВК6, $D=125$ мм, $d=40$ мм, $z=8$.
- глубина резания - $t=1,3$ мм.

Назначаем подачу $s_z = 0,2$ мм/об [4 с.410].

Определяем стойкость фрезы $T=180$ мин [4 с. 411].

Рассчитываем скорость резания по формуле [4 с. 407]:

$$V = \frac{C \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{445 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,3^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 100^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,73 = 108 \text{ м/мин.} \quad (4.29)$$

где $C_V = 445$ [4 с.408];

$T = 180 \cdot K_{TH} \cdot K_{TC} = 180 \cdot 1 \cdot 1 = 180$ – стойкость инструмента, мин;

$q = 0,2$;

$m = 0,32$;

$x = 0,15$;

$y = 0,35$;

$u = 0,2$;

$p = 0$;

$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,73$

где $K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_V} = \left(\frac{190}{170} \right)^{0,4} = 1,1$

$n = 0,4$ – коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{IV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{IIV} = 0,83$ – коэффициент на инструментальный материал;

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 108}{3,14 \cdot 125} = 275 \text{ об/мин.} \quad (4.30)$$

Округляем n до стандартного значения $n=280$ об/мин.

Определим минутную подачу:

$$S_{\text{мин}} = s \cdot n, \quad (4.31)$$

где s – подача;

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		70

Тогда по формуле минутная подача:

$$S_{\text{мин}} = s \cdot n = 0,2 \cdot 280 = 56 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (4.32)$$

Пересчитаем скорость резания при назначенной частоте вращения:

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{280 \cdot 3,14 \cdot 125}{1000} = 110 \text{ м/мин.} \quad (4.33)$$

Определяем силу резания P_z :

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 100^1 \cdot 8}{125^1 \cdot 280^0} = 1318 \text{ Н.} \quad (4.34)$$

Определяем мощность резания N_e

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1318 \cdot 108}{1020 \cdot 60} = 2,32 \text{ кВт.} \quad (4.35)$$

Чистовое фрезерование

Исходные данные:

- материал – СЧ 15;
- ширина фрезерования $B=125$ мм;
- станок - 5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40
- фреза - с механическим креплением пятигранных пластин из твёрдого сплава - ВК6, $D=125$ мм, $d=40$ мм, $z=8$.
- глубина резания - $t=0,2$ мм.

Назначаем подачу $s_z = 0,2$ мм/об [4 с.410].

Определяем стойкость фрезы $T=180$ мин [4 с. 411].

Рассчитываем скорость резания по формуле [4 с. 407]:

$$V = \frac{C \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{445 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 100^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,73 = 232 \text{ м/мин.} \quad (4.36)$$

где $C_v = 445$ [4 с.408];

$T = 180 \cdot K_{TH} \cdot K_{TC} = 180 \cdot 1 \cdot 1 = 180$ – стойкость инструмента, мин;

$q = 0,2$;

$m = 0,32$;

$x = 0,15$;

$y = 0,35$;

$u = 0,2$;

$p = 0$;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,73$$

где $K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_V} = \left(\frac{190}{170} \right)^{0,4} = 1,1$

$n = 0,4$ – коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{IIV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{IIV} = 0,83$ – коэффициент на инструментальный материал;

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 232}{3,14 \cdot 125} = 591 \text{ об/мин.} \quad (4.37)$$

Округляем n до стандартного значения $n=600$ об/мин.

Определим минутную подачу:

$$S_{\text{мин}} = s \cdot n, \quad (4.38)$$

где s – подача;

Тогда по формуле минутная подача:

$$S_{\text{мин}} = s \cdot n = 0,2 \cdot 591 = 118,2 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (4.39)$$

Пересчитаем скорость резания при назначенной частоте вращения:

$$V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{600 \cdot 3,14 \cdot 125}{1000} = 235 \text{ м/мин.} \quad (4.40)$$

Определяем силу резания P_z :

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 100^1 \cdot 8}{125^1 \cdot 600^0} = 242 \text{ Н} \quad (4.41)$$

Определяем мощность резания N_e :

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{242 \cdot 235}{1020 \cdot 60} = 0,92 \text{ кВт.} \quad (4.42)$$

Черновое растачивание

Исходные данные:

- материал – СЧ15;

- диаметр отверстия - $\varnothing 89,42$ мм;

- станок - 5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40

- резец - расточной резец 2141-0146 ВК6 ГОСТ 9795-84, $L=63$ мм,

$h \times b = 16 \times 16$, $\varphi = 60^\circ$ [4 с.239];

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		72

- глубина резания - $t=0,25$ мм.

Назначаем подачу $s=1$ мм/об.

Определяем скорость резания V :

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 0,62 = 82 \text{ м/мин}, \quad (4.43)$$

где $C_v = 243[5 \text{ с.382}]$

$T = 60 \cdot K_{TH} \cdot K_{TC} = 60 \cdot 1 \cdot 1 = 60$ – стойкость инструмента, мин;

$m = 0,2$;

$x = 0,15$;

$y = 0,4$;

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{rV} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 0,9 \cdot 0,94 = 0,62$$

где $K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{170} \right)^{0,4} = 1,1$

$n = 0,4$ – коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{IV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{IIV} = 0,83$ – коэффициент на инструментальный материал;

$K_{\phi V} = 0,9$ – коэффициент, учитывающий угол в плане резца;

$K_{rV} = 0,94$ – коэффициент, учитывающий радиус закругления вершины резца.

Определяем частоту вращения шпинделя n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 89,42} = 292 \text{ об/мин}$$

Определим минутную подачу:

$$s_{\text{мин}} = s \cdot n, \quad (4.44)$$

где s – подача;

Тогда по формуле минутная подача:

$$s_{\text{мин}} = s \cdot n = 1 \cdot 292 = 292 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (4.45)$$

Определяем тангенциальную силу резания P_z :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 0,25^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 82^0 \cdot 0,99 = 227 \text{ Н}, \quad (4.46)$$

где $C_p = 92/6 \text{ с.382/};$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		73

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0;$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{rP} = 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1 = 0,99$$

где
$$K_{MV} = \left(\frac{HB}{150} \right)^{n_V} = \left(\frac{170}{150} \right)^{0,4} = 1,05$$

$K_{\gamma P} = 1$ – коэффициент, учитывающий главный угол;

$K_{\lambda P} = 1$ – коэффициент, учитывающий угол наклона режущей кромки;

$K_{\varphi P} = 0,94$ – коэффициент, учитывающий угол в плане;

$K_{rP} = 1$ – коэффициент, учитывающий радиус закругления вершины резца.

Определяем мощность резания N:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{227 \cdot 82}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт.} \quad (4.47)$$

Получистовое растачивание

Исходные данные:

- материал – СЧ 15;

- диаметр отверстия $\varnothing 89,841$ мм;

- станок - 5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-6/40

- резец - расточной резец 2141-0067 BK8 ГОСТ 9795-84, L=40 мм,

$h \times b = 8 \times 8$, $\varphi = 50^\circ$ [3 с.241];

- глубина резания - $t = 0,12$ мм.

Назначаем подачу $s = 0,2$ мм/об.

Определяем скорость резания V:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 0,12^{0,15} \cdot 0,2^{0,4}} \cdot 1,1 = 315 \text{ м/мин,} \quad (4.48)$$

где $C_V = 243$ [5 с.368];

$$T = 60 \cdot K_{TI} \cdot K_{TC} = 60 \cdot 1 \cdot 1 = 60 \text{ – стойкость инструмента, мин;}$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV'} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{rV} = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1$$

где
$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_V} = \left(\frac{190}{170} \right)^{0,4} = 1,1$$

$n = 0,4$ – коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{IV'} = 1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{IV} = 1$ – коэффициент на инструментальный материал;

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		74

$K_{\phi V} = 1$ – коэффициент, учитывающий угол в плане резца;

$K_{rV} = 1$ – коэффициент, учитывающий радиус закругления вершины резца.

Уменьшим скорость резания в 1,5 раза, чтобы увеличить стойкость инструмента: $V = 210 \text{ м/мин}$

Определяем частоту вращения шпинделя n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 210}{3,14 \cdot 89,841} = 744 \text{ об/мин} \quad (4.49)$$

Округляем n до стандартного значения $n=650 \text{ об/мин}$.

Определим минутную подачу:

$$S_{\text{мин}} = s \cdot n, \quad (4.50)$$

где s – подача;

Тогда по формуле минутная подача:

$$S_{\text{мин}} = s \cdot n = 0,2 \cdot 650 = 130 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (4.51)$$

Чистовое растачивание

Режимы резания назначаем по нормативам [4 с.369]:

- диаметр отверстия $\varnothing 90 \text{ мм}$;
- резец - расточной резец 2141-0067 ВК8 ГОСТ 9795-84, $L=32 \text{ мм}$, $h \times b = 6 \times 6$, $\phi = 50^\circ$;
- $t = 0,025 \text{ мм}$,
- $s = 0,12 \text{ мм}$,
- $V = 150 \text{ м/мин}$,

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 90} = 530 \text{ об/мин}, \quad (4.51)$$

$$S_{\text{мин}} = 106 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}. \quad (4.53)$$

4.8.3 Техническое нормирование

Произведем расчет основного технологического, вспомогательного и штучно-калькуляционного времени. Методика расчета приведена в [14, с. 874].

Норма времени для выполнения операции на станках с ЧПУ при работе на одном станке определяется по формуле:

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/n, \quad (4.54)$$

Где n – количество деталей в партии запуска;

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		75

$T_{шт}$ – нормы штучного времени:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{ТВ}) \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right), \quad (4.55)$$

где $K_{ТВ}$ – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы;

$a_{тех}$, $a_{орг}$, $a_{отл}$ – время на технологическое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности, процент от оперативного времени;

$T_{ца}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин:

$$T_{ца} = T_{о.т.} + T_{м.в.}, \quad (4.56)$$

где $T_{о.т.}$ – основное технологическое время, на обработку одной детали, мин:

$$T_{о.т.} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{р.х.i}}{S_{мин.i}}, \quad (4.57)$$

где $L_{р.х.i}$ – длина рабочего хода инструмента при обработке, мм:

$$L_{р.х.i} = L + l_1 + l_2 + l_3, \quad (4.58)$$

где L – длина пути, проходимого инструментом в направлении подачи, мм;
 l_1 , l_2 , l_3 – длина подвода, врезания и перебега инструмента соответственно, мм;

$S_{мин}$ – минутная подача на технологическом переход

n – число технологических участков;

$T_{м.в.}$ – машинно-вспомогательное время, мин:

$$T_{м.в} = T_{м.в.и} + T_{м.в.х}, \quad (4.59)$$

где $T_{м.в.и}$ – машинно-вспомогательное время на автоматическую смену инструмента, мин;

$T_{м.в.х}$ – машинно-вспомогательное время на выполнение автоматических холостых ходов и технологические паузы, мин:

$$T_{м.в.х} = \sum_{j=1}^m \frac{L_{х.х.j}}{S_{мин.у}}, \quad (4.60)$$

где $L_{х.х.j}$ – длина j -го участка холостого хода;

$S_{мин.у}$ – ускоренная минутная подача;

m – число холостых ходов.

Вспомогательное время на операцию рассчитывается по формуле:

$$T_{в} = T_{в.у} + T_{в.оп.} + T_{в.изм.}, \quad (4.61)$$

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		76

где $T_{в.у}$ – время на установку и снятие детали, мин;
 $T_{в.оп.}$ – вспомогательное время, не вошедшее в управляющую программу, мин;
 $T_{в.изм}$ – вспомогательное, не перекрываемое время на измерения, мин;
 $T_{пз}$ – нормы подготовительно-заключительного времени, мин:

$$T_{пз} = T_{пз.1} + T_{пз.2} + T_{пр.обр}, \quad (4.62)$$

где $T_{пз.1}$ – норма времени на организационную подготовку, мин;
 $T_{пз.2}$ – норма времени на наладку: станка, приспособления, инструмента, программных устройств, мин;
 $T_{пр.обр}$ – норма времени на пробную обработку.

Исходные данные для каждого перехода с учетом инструментального материала, приведены в подразделе 4.8.2

Операция 005

Установ 1

1-й переход

Определим основное технологическое время на черновое фрезерование плоскости основания по формуле:

$$T_{о.т.1} = \sum_{i=1}^i \frac{L_{р.х.1}}{s_{мин.1}} = \frac{470+5+0+5}{56} = 8,57 \text{ мин.} \quad (4.63)$$

Суммарные быстрые перемещения:

1. Подвод в начало обработки (БП): $L_{п.1} = 500$ мм.

2. Отвод в исходную точку (БО): $L_{о.1} = 50$ мм.

Вычислим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов и технологические паузы по формуле:

$$T_{м.в.х} = \sum_{j=1}^m \frac{L_{х.х.1}}{s_{мин.у}} = \frac{(500+50)}{40000} = 0,014 \text{ мин.} \quad (4.64)$$

Определим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов по формуле:

$$T_{м.в} = T_{м.в.и} + T_{м.в.х} = 0 + 0,014 = 0,014 \text{ мин.} \quad (4.65)$$

где $T_{м.в.и} = 0$ мин. – машинно-вспомогательное время на смену инструмента.

Определим время автоматического цикла станка по формуле:

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		77

$$T_{\text{ца.п}} = T_{\text{о.т.1}} + T_{\text{м.в.}} = 8,57 + 0,014 = 8,584 \text{ мин.} \quad (4.66)$$

2-й переход

Определим основное технологическое время на чистовое фрезерование плоскости основания по формуле:

$$T_{\text{о.т.2}} = \sum_i \frac{L_{\text{р.х.2}}}{S_{\text{мин.2}}} = \frac{470+5+0+5}{118,2} = 4,06 \text{ мин.} \quad (4.67)$$

Суммарные быстрые перемещения:

1. Подвод в начало обработки (БП): $L_{\text{п.2}} = 500 \text{ мм.}$
2. Отвод в исходную точку (БО): $L_{\text{о.2}} = 50 \text{ мм.}$

Вычислим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов и технологические паузы по формуле:

$$T_{\text{м.в.х}} = \sum_{j=1}^m \frac{L_{\text{х.х.2}}}{S_{\text{мин.у}}} = \frac{(500+50)}{40000} = 0,014 \text{ мин.} \quad (4.68)$$

Определим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов переходов по формуле:

$$T_{\text{м.в}} = T_{\text{м.в.и}} + T_{\text{м.в.х}} = 0 + 0,014 = 0,014 \text{ мин.} \quad (4.69)$$

где $T_{\text{м.в.и}} = 0 \text{ мин.}$ – машинно-вспомогательное время на смену инструмента.

Определим время автоматического цикла станка по формуле:

$$T_{\text{ца.п}} = T_{\text{о.т.2}} + T_{\text{м.в.}} = 4,06 + 0,014 = 7,074 \text{ мин.} \quad (4.70)$$

3-й переход

Определим основное технологическое время на сверление 4х крепежных отверстий Ø25:

$$T_{\text{о.т.3}} = \sum_i \frac{L_{\text{р.х.3}}}{S_{\text{мин.3}}} = \frac{30+5+0+0}{372} = 0,094 \text{ мин.} \quad (4.71)$$

Суммарные быстрые перемещения при точении поверхности:

1. Подвод в начало обработки (БП): $L_{п.з} = 500$ мм.
2. Отвод в исходную точку (БО): $L_{о.з} = 65$ мм.

Вычислим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов и технологические паузы по формуле:

$$T_{м.в.х} = \sum_{j=1}^m \frac{L_{х.х.з}}{s_{мин.у}} = \frac{(500+65)}{40000} = 0,014 \text{ мин.} \quad (4.72)$$

Определим машинно-вспомогательное время на выполнение холостых ходов по формуле:

$$T_{м.в} = T_{м.в.и} + T_{м.в.х} = 0,05 + 0,014 = 0,064 \text{ мин.} \quad (4.73)$$

где $T_{м.в.и} = 3с. = 0,05$ мин. – машинно-вспомогательное время на смену инструмента.

Определим время автоматического цикла станка по формуле:

$$T_{ца.п} = T_{о.т.з} + T_{м.в.} = 0,014 + 0,064 = 0,078 \text{ мин.} \quad (4.74)$$

Нормы времени для остальных переходов рассчитываются по данному методу.

Нормы времени для операций приведены в таблице 14.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		79

Таблица 14– Нормы времени переходов (операций).

№ ТП	Наименование технологического перехода	Параметры режимов реза- ния			
		Т _{о.т.} , мин.	Т _{м.в.х.} , мин.	Т _{м.в.} , мин.	Т _{ца.п.} , мин.
Операция 005 А.					
1	Черновое фрезерование поверхности основания.	0,17	0,035	0,035	0,615
2	Чистовое фрезерование поверхности основания	0,38	0,04	0,09	0,415
3	Центрование 4х крепежных отверстий в плоскости основания	0,05	0,15	0,11	0,15
4	Сверление 4х крепежных отверстий в основании	0,18	0,017	0,017	0,19
Операция 005 Б.					
5	Черновое фрезерование плоскости разъема	0,56	0,04	0,04	0,60
6	Чистовое фрезерование плоскости разъема	0,58	0,01	0,01	0,59
7	Центрование 10-ти крепежных отверстий в плоскости разъема	0,1	0,000 8	0,000 8	0,093
8	Сверление 10-ти крепежных отверстий в плоскости разъема	0,28	0,019	0,019	0,31
9	Центрование 2-х крепежных отверстий в плоскости разъема	0,08	0,000 5	0,000 5	0,081
10	Сверление 2-х крепежных отверстий в плоскости разъема	0,26	0,013	0,013	0,27
11	Центрование 4-х крепежных отверстий в плоскости разъема	0,08	0,000 5	0,000 5	0,081
12	Сверление 4-х крепежных отверстий в плоскости разъема	0,26	0,013	0,013	0,27
13	Нарезание резьбы в 4-х крепежных отверстиях в плоскости разъема	0,36	0,018	0,018	0,45
Операция 015					
14	Черновое фрезерование торцов отверстий под подшипники	0,34	0,013	0,018	0,36
15	Чистовое фрезерование торцов отверстий под подшипники	0,4	0,03	0,08	0,48
16	Черновое растачивание отверстий под подшипники	0,58	0,013	0,018	0,59
17	Получистовое растачивание отверстий под подшипники	0,4	0,03	0,08	0,48
18	Чистовое растачивание отверстий под подшипники	0,92	0,023	0,023	0,94
19	Черновое растачивание отверстий под подшипники	0,58	0,013	0,018	0,59
20	Получистовое растачивание отверстий под подшипники	0,4	0,03	0,08	0,48
21	Чистовое растачивание отверстий под подшипники	0,92	0,023	0,023	0,94
22	Черновое растачивание отверстий под подшипники	0,58	0,013	0,018	0,59
23	Получистовое растачивание отверстий под подшипники	0,4	0,03	0,08	0,48
24	Чистовое растачивание отверстий под подшипники	0,92	0,023	0,023	0,94
25	Центрование 12 отверстий в торцах подшипниковых гнезд	0,18	0,017	0,017	0,19

26	Сверление 12 отверстий в торцах подшипниковых гнезд	0,22	0,013	0,018	0,23
27	Нарезание резьбы в 12 отверстиях в торцах подшипниковых гнезд	0,3	0,012	0,017	0,32
28	Центрование 12 отверстий в торцах подшипниковых гнезд	0,18	0,017	0,017	0,19
29	Сверление 12 отверстий в торцах подшипниковых гнезд	0,22	0,013	0,018	0,23
30	Нарезание резьбы в 12 отверстиях в торцах подшипниковых гнезд	0,3	0,012	0,017	0,32
31	Фрезерование площадки под маслоуказатель,	0,34	0,013	0,018	0,36
32	Растачивание отверстия под маслоуказатель,	0,34	0,013	0,018	0,36
32	Сверление отверстий под маслоуказатель	0,22	0,013	0,018	0,23
33	Нарезание резьбы в отверстиях под маслоуказатель	0,3	0,012	0,017	0,32
34	Фрезерование площадки под пробку	0,34	0,013	0,018	0,36
35	Сверление отверстия под пробку	0,34	0,013	0,018	0,36
36	Зенкование фаски в отверстии под пробку	0,22	0,013	0,018	0,23
37	Нарезание резьбы в отверстии под пробку	0,3	0,012	0,017	0,32

4.8.4 Анализ и расчет точности обработки

Анализ и расчет точности обработки проведем для поверхности, к качеству и размерной точности, которой предъявляются наиболее высокие требования по методике [12, с.121]. Для анализа рассмотрим операцию 015 «Фрезерно-сверлильно-расточная», на которой выполняется растачивание отверстия в размер $\varnothing 90H7(^{+0,035})$ мм. Требуемые параметры точности представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Требования к точности обработки отверстия $\varnothing 90H7(^{+0,035})$ мм

Наименование перехода (операции)	Требования к точности изготовления	Технологическое решение (характеристика перехода)
Расточка отверстия	а) $\varnothing 90H7(^{+0,035})$ мм Шероховатость 1,6 мкм.	Черновое растачивание (IT13), получистовое растачивание (IT9), чистовое растачивание (IT7). Режимы тонкой расточки: $V=315$ м/мин; $s = 0,02$ мм/об; $t=0,025$ мм.

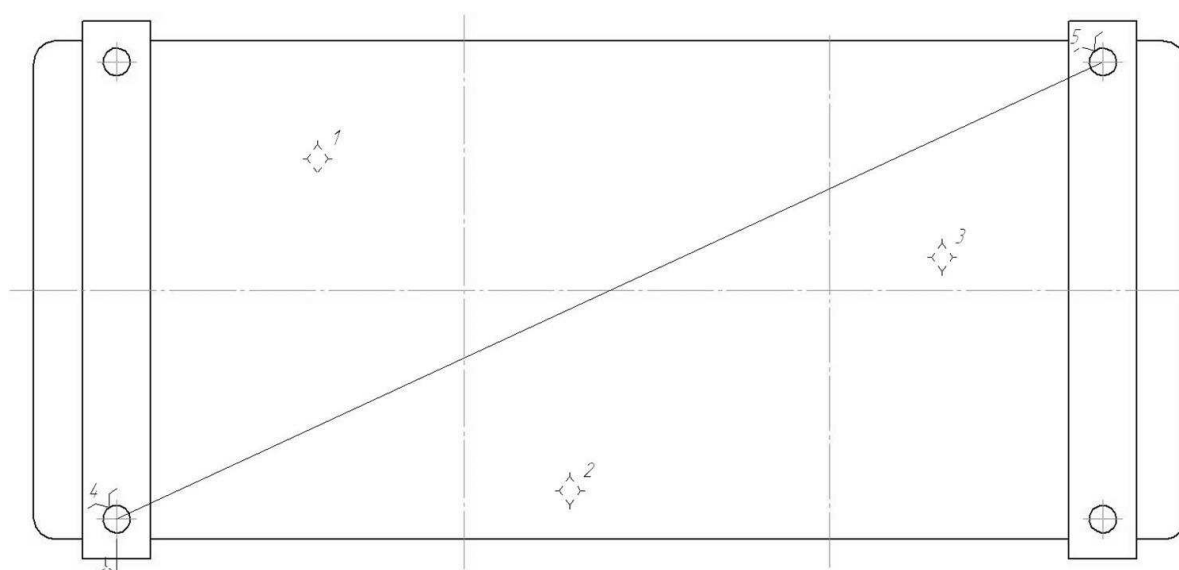


Рисунок 19 - Схема базирования корпуса при обработке поверхности $\varnothing 90H7(^{+0,035})$ мм

Операция 015 «Фрезерно-сверлильно-расточная», выполняется на 5-ти осевом фрезерном обрабатывающем центре Haas VF-6/40

Обработка выполняется на вращающемся и на зафиксированном столе. Материал заготовки – сплав СЧ15.

Режущий инструмент:

- для чернового растачивания – резец 2141-0146 ВК8 ГОСТ 9795-84;
- для получистового растачивания – резец 2141-0067 ВК8 ГОСТ 9795-84;
- для чистового растачивания – резец 2141-0067 ВК6 ГОСТ 9795-84.

Суммирование элементарных погрешностей обработки проведём по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = p \cdot \sqrt{\lambda_1 \Delta \varepsilon_y^2 + \lambda_2 \Delta_y^2 + \lambda_3 \Delta_H^2 + \lambda_4 \Delta_H^2 + \lambda_5 \Sigma \Delta_T^2 + \Sigma \Delta_{\phi}} , \quad (4.75)$$

где p – коэффициент определяющий процент риска получения брака при обработке;
 $\lambda_1 \div \lambda_5$ – коэффициенты, определяющие законы распределения, каждой из элементарных погрешностей;

$\Delta\epsilon_y$ – погрешность установки заготовки на станке;

Δ_y – погрешность обработки в результате упругих деформаций под влиянием неустойчивости нагрузок;

Δ_n – погрешность наладки технологической системы;

$\Delta_{ин}$ – погрешность в результате размерного износа режущего инструмента;

$\Sigma\Delta_T$ – суммарная погрешность обработки в результате температурных деформаций;

$\Sigma\Delta_\phi$ – суммарная погрешность обработки в результате геометрических погрешностей станка, деформации заготовки под действием различных сил.

Из практики известно, что $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1/9$, поскольку соответствующие погрешности подчиняются закону нормального распределения. $\lambda_4 = 1/3$ поскольку распределение соответствует закону равной вероятности. $\lambda_5 = 1/3$ поскольку закон распределения $\Sigma\Delta_T$ мало известен.

Тогда, на основании выше изложенного, при $p = 3$ (вероятность брака составит 0,27%), формула для расчёта суммарной погрешности диаметрального размера $\varnothing 90H7^{+0,035}$ мм, примет вид:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta\epsilon_y^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + 3 \cdot \Delta_{ин}^2 + 3 \cdot \Sigma\Delta_T^2 + \Sigma\Delta_\phi^2}, \quad (4.76)$$

Определим составляющие составляющей погрешности обработки.

Погрешность установки $\Delta\epsilon_y = 0$, так как чистовая обработка ведется без переустановки после черновой и получистовой обработки.

Погрешность обработки Δ_y , возникающая в результате колебаний упругих деформаций технологической системы под влиянием неустойчивости сил резания, действующих в системе переменной жёсткости, определяется по формуле:

$$\Delta_y = W_{\max} \cdot P_{y\max} - W_{\min} \cdot P_{y\min}, \quad (4.77)$$

где $W_{\max} = 0,0027$ мкм/Н – наибольшая податливость системы для многоцелевого станка [212, с.39];

$W_{\min} = 0,0014$ мкм/Н наименьшая податливость системы для многоцелевого станка [12, с.39];

$P_{y\max} = 1620$ Н – максимальные значения составляющей силы резания, совпадающей с направлением получаемого размера;

$P_{y\min} = 412$ Н – минимальные значения составляющей силы резания, совпадающей с направлением получаемого размера.

Определим погрешность обработки по формуле:

$$\Delta_y = 0,0027 \cdot 1620 - 0,0014 \cdot 412 = 3,8 \text{ мкм} \quad (4.78)$$

Погрешность наладки Δ_n технологической системы, для поверхностей вращения, определяется по формуле [22, с.112]:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + \left(K_{изм} \cdot \frac{\Delta_{изм}}{2}\right)^2} \quad (4.79)$$

где $\Delta_p = 20 \text{ мкм}$ – погрешность установки фрезы при наладке на размер в поперечном направлении, при установке взаимозаменяемого режущего инструмента со сменой режущей пластинки. Для диаметральных размеров $2\Delta_p$ [6, табл. 26, с.113];

$\Delta_{изм} = 0,013 \text{ мкм}$ – погрешность измерения детали [6, табл. 27, с.114];

$K_p = 1,14 \div 1,73$ – коэффициент учитывающий отклонение законов распределения величины Δ_p от нормального закона;

$K_{изм} = 1$ – коэффициент, учитывающий отклонение законов распределения величины $\Delta_{изм}$ от нормального закона.

Тогда получим:

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 20)^2 + \left(1 \cdot \frac{13}{2}\right)^2} = 23,7 \text{ мкм} \quad (4.80)$$

Погрешность в результате размерного износа инструмента $\Delta_{и}$, принимаем на основании допустимого размерного износа при обработке партии заготовок в размер $\varnothing 90H7^{+0,035} \text{ мм}$ – $\Delta_{и} = 10 \text{ мкм}$ [21, табл. 29, с.116].

Погрешность обработки в результате геометрических погрешностей станка $\Sigma\Delta_{\phi} = 5 \text{ мкм}$.

Погрешность обработки в результате температурных деформаций $\Sigma\Delta_T$ [21, с.119], для обработки лезвийным инструментом примем, равными 10% от суммы остальных погрешностей:

$$\Sigma\Delta_T = 0,1 \cdot (\Delta_{\varepsilon_y} + \Delta_y + \Delta_n + \Delta_{и} + \Sigma\Delta_{\phi}) \quad (4.81)$$

$$\Sigma\Delta_T = 0,1 \cdot (0 + 3 + 23,7 + 10 + 5) = 4,2 \text{ мкм}$$

Суммарная погрешность с учетом рассчитанных элементарных погрешностей по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0^2 + 3,8^2 + 23,7^2 + 3 \cdot 10^2 + 3 \cdot 4,2^2 + 5} = 34,86 \text{ мкм} \quad (4.82)$$

Так как $\Delta_{\Sigma} < IT = 35 \text{ мкм}$, заключаем, что принятая схема операции обеспечивает заданную точность обработки

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		84

Заключение

В процессе выполнения дипломной работы, мною был рассчитан и спроектирован привод ленточного конвейера, из которого был выбран корпус проектируемого редуктора и произведен анализ и обоснование технических условий на его изготовление. Выбраны методы достижения точности.

Представлены варианты схем базирования корпуса в процессе механической обработки. Осуществлен выбор экономичного варианта получения заготовки. Предложены методы и схемы контроля основных параметров точности корпуса.

Произведен анализ технологического процесса механической обработки корпуса, базирующегося на универсальных станках. На основе анализа предложен оптимальный вариант, в основе которого применение современного оборудования, в частности станок - 5-ти осевого фрезерного обрабатывающего центра Haas VF-6/40.

Таким образом, обеспечиваются требования к точности обработки детали, и сокращается количество операций.

Расчетно-аналитическим методом назначены оптимальные припуски на механическую обработку наиболее точных поверхностей, с учетом особенностей построения операций.

Выполнен расчет ожидаемой погрешности обработки, подтверждающий гарантированное достижение требуемой точности спроектированной операции

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		85

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худобин, Л. В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянин, В. Р. Берзин. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.: ил.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.: ил.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 (2001) г. – 912 с., ил.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 (2001) г. – 944 с., ил.
5. Авраменко, В. Е. Проектирование технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / В. Е. Авраменко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1995. – 83 с.
6. Гузеев, В. И. "Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением": Справочник 2-е изд. / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков; Под ред. В. И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2007. – 368 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового крупносерийного и среднесерийного производства. – М.: Экономика, 1991. – 160 с.
8. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания 1983г. – М.: ООО ИД "Альянс", 2007. – 256 с., ил.
9. Худобин, Л. В. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам: Учебное пособие для вузов / Л. В. Худобин, В. А. Гречишников, А. Г. Маеров, В. Ф. Гурьянин; Под общ. ред. Л. В. Худобина. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.; ил.
10. Авраменко, В. Е. Технология машиностроения. Нормирование сборочных операций. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию / Сост. В. Е. Авраменко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1988. – 48 с.
11. Гусев, А. А. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.: ил.
12. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания 1983г. – М.: ООО ИД "Альянс", 2007. – 256 с., ил.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		86

13. Авраменко, В. Е. Технология машиностроения. Расчёт припусков и межпереходных размеров: учебное пособие / В. Е. Авраменко, Ю. Ю. [Терсков. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – 88 с.
14. Комаров С.Б. Расчет и проектирование привода с клиноременной передачей и одноступенчатым цилиндрическим косозубым редуктором/С.Б. Комаров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ. 2006. 76 с.
15. Курсовое проектирование деталей машин / С. А. Чернавский [и др.] М. : Машиностроение, 1988. 416 с.
16. Чернилевский Д.В. Основы проектирования машин / Д.В. Чернилевский. М. : УМ и «Учебная литература», 1998. 472 с.
17. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин / А.Е. Шейнблит. Калининград : Янтарный сказ, 2004. 455 с.
18. Иванов М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. М. : Высшая школа, 2003. 408 с.
19. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. М. : Издательский центр «Академия», 2004. 496 с.
20. Проектирование механических передач / С.А. Чернавский [и др.] М. : Машиностроение, 1984. 560 с.

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		87

Приложение А
Спецификация двухступенчатого цилиндрического редуктора

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		88

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дробл.				Документация						
					A1	BKP15.03.05-1209529CB	Сборочный чертеж					
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дробл.				Сборочные единицы						
					1	BKP15.03.05-1209529.01CB	Смотровой люк	1				
					2	BKP15.03.05-1209529.02CB	Маслоуказатель	1				
					Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дробл.				Детали	
3	BKP15.03.05-1209529.001	Вал быстроходный	1									
4	BKP15.03.05-1209529.002	Вал промежуточный	1									
5	BKP15.03.05-1209529.003	Вал выходной	1									
6	BKP15.03.05-1209529.004	Колесо 1	1									
7	BKP15.03.05-1209529.005	Колесо 2	1									
8	BKP15.03.05-1209529.006	Крышка подшипника 1	2									
9	BKP15.03.05-1209529.007	Крышка подшипника 2	1									
10	BKP15.03.05-1209529.008	Крышка подшипника 3	1									
11	BKP15.03.05-1209529.009	Втулка	1									
12	BKP15.03.05-1209529.010	Втулка 1	2									
13	BKP15.03.05-1209529.011	Втулка 2	1									
14	BKP15.03.05-1209529.012	Втулка 3	1									
15	BKP15.03.05-1209529.013	Пробка сливная	1									
Инв. № подл.					ПИ СФУ ВКР-15.03.05-1209529			Лит.	Лист	Листов		
					Изм.	Лист	№ докум.				Подп.	Дата
					Разраб.	Киселева Т.В.						
					Пров.	Зеленкова Е.Г.						
					Н.контр.	Зеленкова Е.Г.						
Утв.	Головин М.П.											
Редуктор						КТМСП						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Стандартные изделия		
				Болты ГОСТ 7798-70		
		16		M8x20	4	
		17		M8x25	18	
		18		M12x25	6	
		19		M16x40	4	
		20		M18x85	10	
		21		M18x220	2	
		22		Гайка M18 ГОСТ 5919-70	12	
				Шайбы ГОСТ 6402-70		
		23		8 65Г	22	
		24		12 65Г	6	
		25		16 65Г	4	
		26		18 65Г	12	
				Подшипники ГОСТ 8338-75		
		27		209	2	
		28		210	2	
		29		318	2	
				Манжеты ГОСТ 8752-79		
		30		1-45x65-3	1	
		31		1-90x120-3	1	
		32		Штифт 8.10x50 ГОСТ 3128-70	2	
				Шпонки ГОСТ 23360-78		
		33		10x8x25	1	
		34		18x11x65	1	
		35		22x14x70	2	
		36		28x16x125	1	

Инв. № подл.	Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Инв. № подл.	Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Инв. № подл.	Взам. инв. №		Инв. № дубл.	Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПИ СФУ ВКР-15.03.05-1209529

Лист
2

[illegible]

Приложение Б
Спецификация привода редуктора

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
Справ. №								
						Документация		
					ВКР15.03.05-1209529ПЗ	Пояснительная записка	1	
	A1				ВКР15.03.05-1209529СБ	Сборочный чертеж	1	
						Сборочные единицы		
				1	ВКР15.03.05-1209529.01СБ	Редуктор	1	
				2	ВКР15.03.05-1209529.02СБ	Рама	1	
				3	ВКР15.03.05-1209529.03СБ	Натяжное устройство	1	
						Детали		
				4	ВКР15.03.05-1209529.001	Шкив ведомый	1	
				5	ВКР15.03.05-1209529.002	Шкив ведущий	1	
						Стандартные изделия		
						Болты ГОСТ7798-70		
				6		M12x30	4	
				7		M12x50	4	
				8		M22x65	4	
Инв. № подл.						ПИ СФУ ВКР-15.03.05-1209529		
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.		Киселева Т.В.			Привод		
	Пров.		Зеленкова Е.Г.					
Н.контр.		Зеленкова Е.Г.			КТомСП			
Утв.		Головин М.П.						
						Лит.	Лист	Листов
							1	2

Приложение В
Комплект документов технологического процесса сборки

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		90

ГОСТ 3.1118-82										Форма 2		САПР				
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
ТехноПро										8		1				
Разраб.	Киселева Т.В.					КТОМСП	ВКР 15.03.05-1209529									
Проверил	Зеленкова Е.Г.															
Нормир.																
Метролог								Редуктор цилиндрический								
Н.контр.	Зеленкова Е.Г.															
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код , наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх	
A01	005 Комплекточная															
02																
B03	Стол комплекточный															
04																
A05	010 Контрольная															
06																
07	Стол контрольный															
B08	1. Осуществить выборочный контроль деталей															
09																
10																
A11	015 Слесарно-сборочная															
12																
13	Стол сборочный															
14	1. Осмотреть вал быстроходный поз. 3															
15	2. Установить вал быстроходный поз.3 в приспособлении															
16	3. Обдуть сжатым воздухом шпоночный паз															
17	4. Запрессовать шпонку поз. 33															
18	5. Снять вал быстроходный поз.3 с призм															
19																
20																
A21	020 Слесарно-сборочная															
22																
23	Стол сборочный															
24	1. Установить вал быстроходный поз.3 в приспособлении															
25	2. Освободить от упаковки подшипники поз.27															
26																
27																
28																
МК																

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 16		САПР					
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро															2						
											Редуктор цилиндрический										
A	Цех УЧ РМ Опер.				Код, наименование операции						Обозначение документа										
Б	Код , наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
A01	025 Термическая																				
B02	Ванна																				
03	1. Греть подшипники поз.27 в индустриальном масле																				
04																					
A05	030 Слесарно-сборочная																				
A06	Стол сборочный																				
B07	1. Напрессовать подшипник поз.27 в количестве 2 шт. на вал быстроходный поз. 3 в сборе, длинна																				
08	запрессовки 19 и 78 мм																				
09	2. Снять вал быстроходный поз.3 в сборе																				
I10																					
11																					
A12	035 Слесарно-сборочная																				
13																					
B14	Стол сборочный																				
15	1. Осмотреть вал промежуточный поз. 4																				
16	2. Установить вал промежуточный поз.4 в приспособлении																				
17	3. Обдуть сжатым воздухом шпоночный паз																				
18	4. Запрессовать шпонку поз. 34																				
19	5. Снять вал промежуточный поз.4 с призм																				
20	6. Установить вал промежуточный поз.4 в приспособлении																				
21	7. Осмотреть зубчатое колесо поз.6																				
22	8. Смазать колесо зубчатое поз.6 машинным маслом																				
23	9. Напрессовать колесо поз.6 на вал промежуточный поз.4																				
24	10.Снять вал промежуточный поз.4 в сборе																				
25	11.Переустановить вал промежуточный поз.8 в сборе в приспособлении																				
26	12.Осмотреть втулку поз.11																				
27	13.Смазать втулку поз.11 машинным маслом																				
28	14.Установить на вал промежуточный поз.4 втулку поз. 11																				
29																					
30																					
МК																					

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 16		САПР					
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро																				3	
										Редуктор цилиндрический											
А	Цех УЧ РМ Опер.			Код, наименование операции							Обозначение документа										
Б	Код , наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
01	15.Освободить от упаковки подшипники поз.28																				
02																					
А03	040 Термическая																				
04	Ванна																				
05	1. Греть подшипники поз.28 в индустриальном масле																				
06																					
07																					
А08	045 Слесарно-сборочная																				
Б09	Стол сборочный																				
10	1. Напрессовать подшипник поз.28 в количестве 2 шт. на вал промежуточный поз. 4 в сборе, длинна																				
11	запресовки 20 мм																				
12	2. Снять вал промежуточный поз.4 в сборе																				
13																					
14	050 Слесарно-сборочная																				
15																					
Б16	Стол сборочный																				
17	1. Осмотреть вал тихоходный поз. 5																				
18	2. Установить вал тихоходный поз.5 на призмы																				
19	3. Обдуть сжатым воздухом шпоночные пазы																				
20	4. Запрессовать шпонку поз. 35																				
21	5. Запрессовать шпонку поз. 36																				
22	6. Снять вал тихоходный поз.5 с призм																				
23	7. Установить вал тихоходный поз.5 в приспособлении																				
24	8. Осмотреть зубчатое колесо поз.7																				
25	9. Смазать колесо зубчатое поз.7 машинным маслом																				
26	10. Напрессовать колесо поз.7 на вал тихоходный поз.5																				
27	11. Переустановить вал тихоходный поз.5 в сборе в приспособлении																				
28	12. Осмотреть втулку поз.14																				
29																					
30																					
МК																					

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 16		САПР				
Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
ТехноПро															4					
										Редуктор цилиндрический										
А	Цех УЧ РМ Опер.			Код, наименование операции						Обозначение документа										
Б	Код , наименование оборудования									СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала									Обозначение, код			ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх			
01	13. Смазать втулку поз.14 машинным маслом																			
02	14. Установить на вал тихоходный поз.5 втулку поз. 14																			
03	15. Освободить от упаковки подшипники поз.29																			
04																				
А05	055 Термическая																			
06	Ванна																			
07	1. Греть подшипники поз.29 в индустриальном масле																			
08																				
09																				
А10	060 Слесарно-сборочная																			
Б11	Стол сборочный																			
12	1. Напрессовать подшипники поз.29 в количестве 2 шт. на вал тихоходный поз.5 в сборе, длинна запресовки																			
13	43 и 108 мм																			
14	2. Снять вал тихоходный поз.5 в сборе																			
15																				
16	065 Слесарно-сборочная																			
17																				
Б18	Стол сборочный																			
19	1. Осмотреть крышку корпуса																			
20	2. Установить крышку корпуса в приспособление																			
21	3. Обдуть сжатым воздухом крышку корпуса																			
22	4. Осмотреть крышку смотрового люка поз.1																			
23	5. Установить крышку смотрового люка поз.1 на крышку корпуса																			
24	6. Установить шайбы поз.23 на болты поз.16																			
25	7. Установить болты поз.16 в отверстия в крышку корпуса в сборе и закрутить																			
26	8. Снять крышку корпуса сборе.																			
И28	Винтоверт ручной электрический ASse 636-28b №210 85 фирмы Fein (Германия)																			
29																				
30																				
МК																				

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 16		САПР					
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро																5					
												Редуктор цилиндрический									
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции							Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
A01	070 Слесарно-сборочная																				
02																					
B03	Стол сборочный																				
04	1. Осмотреть крышку подшипников поз.9, перед установкой манжеты поз.30																				
05	2. Протереть внутреннюю поверхность крышки поз.9, для установки манжеты поз.30 и поверхности сопряжения																				
06	крышки с корпусом редуктора.																				
07	3. Освободить от упаковки манжету поз.30.																				
08	4. Запрессовать с помощью оправки манжету резиновую поз.30 в крышку поз.9.																				
09																					
10																					
A11	075 Слесарно-сборочная																				
12																					
B13	Стол сборочный																				
14	1. Осмотреть крышку подшипников поз.10, перед установкой манжеты поз.31																				
15	2. Протереть внутреннюю поверхность крышки поз.10, для установки манжеты поз.31 и поверхности сопряжения																				
16	крышки с корпусом редуктора.																				
17	3. Освободить от упаковки манжету поз.31																				
18	4. Запрессовать с помощью оправки манжету резиновую поз.31, в крышку поз.10.																				
19																					
20																					
A21	080 Слесарно-сборочная																				
22																					
B23	Стол сборочный																				
24	1. Осмотреть корпус редуктора со всех сторон																				
25	2. Установить корпус редуктора в приспособление																				
26	3. Протереть установочные поверхности корпуса редуктора																				
27	4. Установить вал быстроходный в сборе поз.3 в корпус редуктора																				
28	5. Установить вал промежуточный поз.4 в корпус редуктора																				
29	6. Установить вал тихоходный поз.5 в корпус редуктора																				
30																					
МК																					

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 1б		САПР					
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро																6					
												Редуктор цилиндрический									
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции							Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
01	7. Регулировать осевые зазоры подшипников путем установки компенсирующих прокладок.																				
02	8. Установить малую крышку подшипников поз.27,29																				
03	9. Установить шайбы пружинные поз.25 на болты поз.19																				
04	10. Установить болты поз.19																				
05	11. Завернуть болты поз.19 окончательно с моментом																				
06	12. Покрыть плоскость разъема корпуса редуктора пастой Герметик																				
07	ТУ-01-1211-79																				
08	13. Установить крышку корпуса в сборе на корпус редуктора																				
09	14. Установить крышку корпуса на штифты поз.32																				
10	15. Установить крышку корпуса на болты поз.21																				
11	16. Установить шайбы пружинные поз.26 на болты поз.21																				
12	17. Накинуть гайки поз.22 на болты поз.21																				
13	18. Подтянуть гайковерт, включить																				
14	19. Завернуть гайки поз.22 окончательно с моментом																				
15	20. Установить болты поз.20																				
16	21. Установить шайбы пружинные поз.26 на болты поз.20																				
17	22. Накинуть гайки поз.22 на болты поз.20																				
18	23. Завернуть гайки поз.22 окончательно с моментом																				
19	24. Выключить винтоверт, отложить в сторону																				
20																					
21																					
И22	Винтоверт ручной электрический ASse 636-28b №210 85 фирмы Fein (Германия)																				
23																					
A24	085 Слесарно-сборочная																				
25																					
Б26	Стол сборочный																				
27	1. Установить крышку подшипников в сборе 5 в корпус																				
28	2. Установить шайбы поз.23																				
29	3. Установить болты поз.17 в отверстия корпуса и крышки																				
30																					
МК																					

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 1б		САПР				
Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
ТехноПро																7				
										Редуктор цилиндрический										
А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа									
Б	Код , наименование оборудования									СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала									Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
01	4. Завернуть болты поз. 17 окончательно с моментом																			
02	5. Установить крышку подшипников поз.8 2 шт. в корпус редуктора																			
03	6. Установить шайбы поз.23																			
04	7. Установить болты поз.17 в отверстия корпуса и крышки																			
05	8. Завернуть болты поз. 17 окончательно с моментом																			
06	9. Установить крышку подшипников в сборе 6 в корпус																			
07	10. Установить шайбы поз.24																			
08	11. Установить болты поз.18 в отверстия корпуса и крышки																			
09	12. Завернуть болты поз. 18 окончательно с моментом																			
И11	Винтоверт ручной электрический ASse 636-28b №210 85 фирмы Fein (Германия)																			
12																				
A13	090 Слесарно-сборочная																			
14																				
B15	Стол сборочный																			
16	1. Осмотреть маслосливную пробку поз.15																			
17	2. Закрутить пробку поз.15 в корпус редуктора																			
18	3. Осмотреть маслоуказатель в сборе поз.2																			
19	4. Установить маслоуказатель поз.2 в корпус редуктора, закрутить болты на маслоуказателе окончательно с моментом																			
20																				
21																				
И22	Винтоверт ручной электрический ASse 636-28b №210 85 фирмы Fein (Германия)																			
23																				
A24	095 Слесарно-сборочная																			
25																				
B26	Стол сборочный																			
27	1. В редуктор залить масло промышленное И-30А объемом 1,3 л																			
И28																				
29																				
30																				
МК																				

ГОСТ 3.1118-82										Форма 16		САПР										
Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
ТехноПро																				8		
										Редуктор цилиндрический												
А	Цех Уч РМ Опер.			Код, наименование операции							Обозначение документа											
Б	Код , наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
A01	100 Контрольная																					
02																						
B03	Стол контрольный																					
04	1. Произвести контроль точности сборки, контроль движущихся частей.																					
05																						
06																						
A07	105 Контрольная																					
08																						
B09	Стенд испытательный																					
10	1. Произвести обкатку цилиндричесого редуктора.																					
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
МК																						

Приложение Г

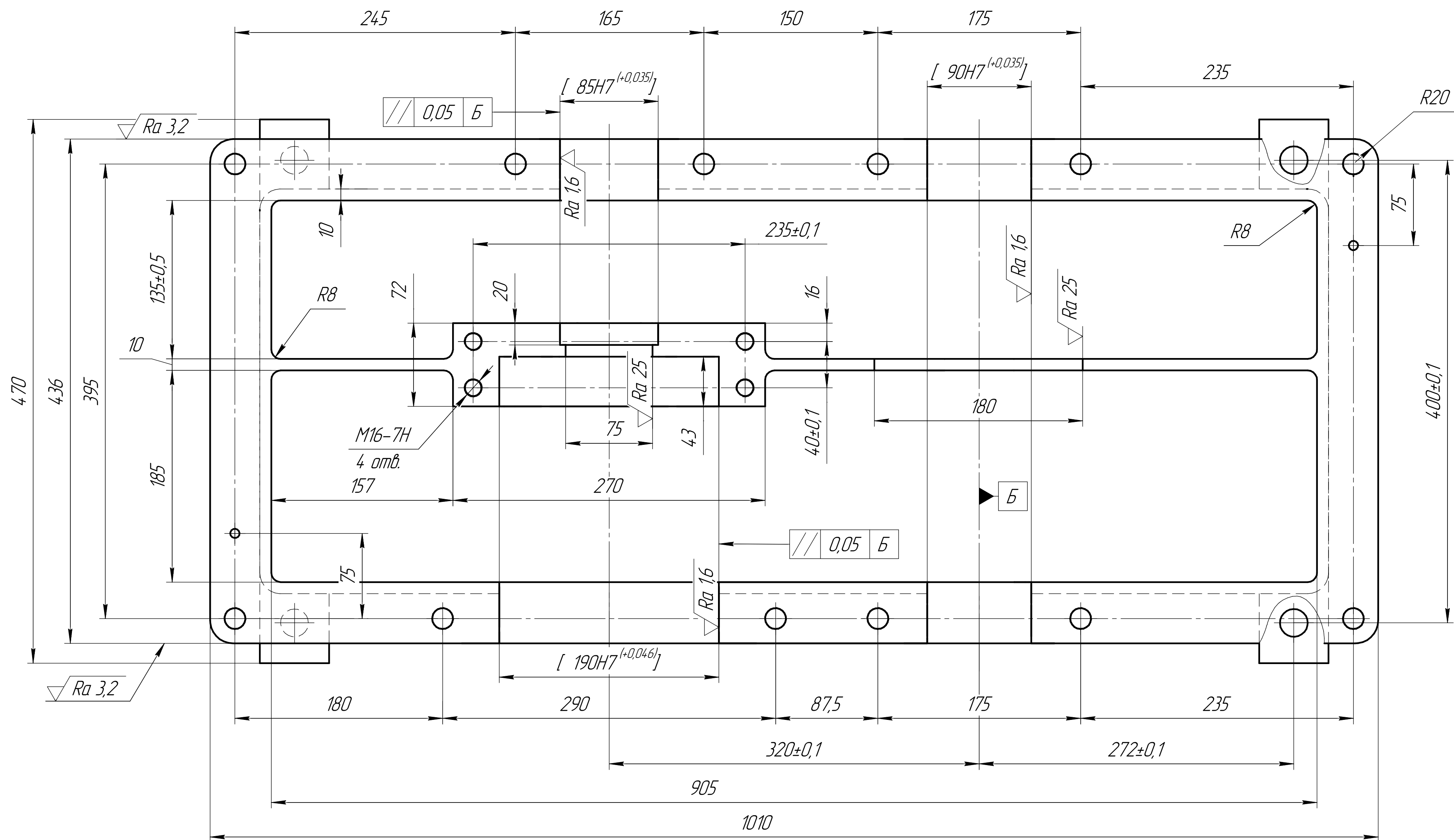
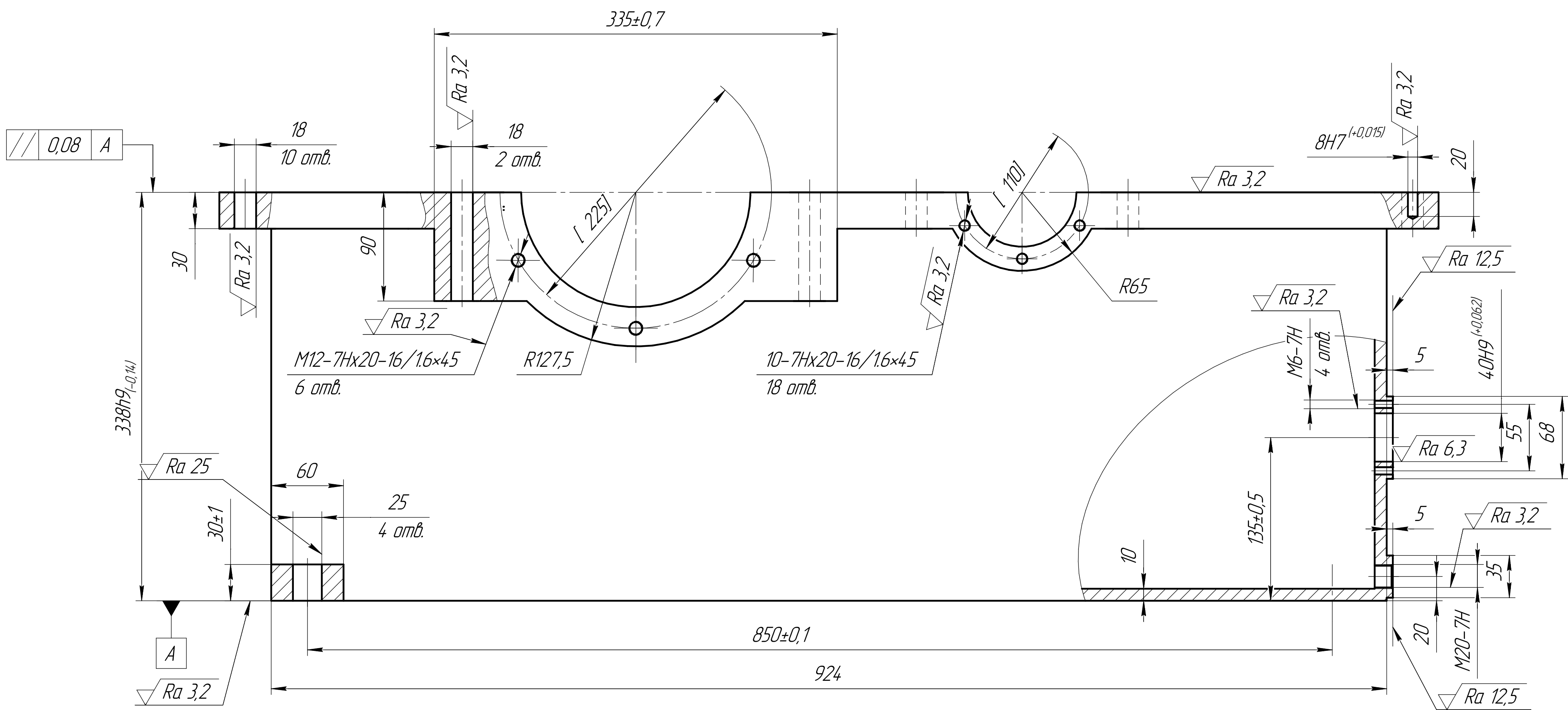
Комплект документов технологического процесса механической обработки

					ПИ СФУ ВКР-15.03.05 -1209529 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		91

Дубл.											
Взам.											
Подп.											
				КТОМСП	ВКР-15.03.05-1209529						
				КОРПУС							
<div>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» Политехнический институт</div> <div>У Т В Е Р Ж Д А Ю : Заведующий кафедрой Головин М.П.</div> <div>Комплект документов Технологический процесс механической обработки детали «Корпус»</div> <div>Руководитель проекта <u>Зеленкова Е.Г.</u></div> <div>Консультант _____</div> <div>Разработал: <u>Киселева Т.В</u></div>											
ТЛ											

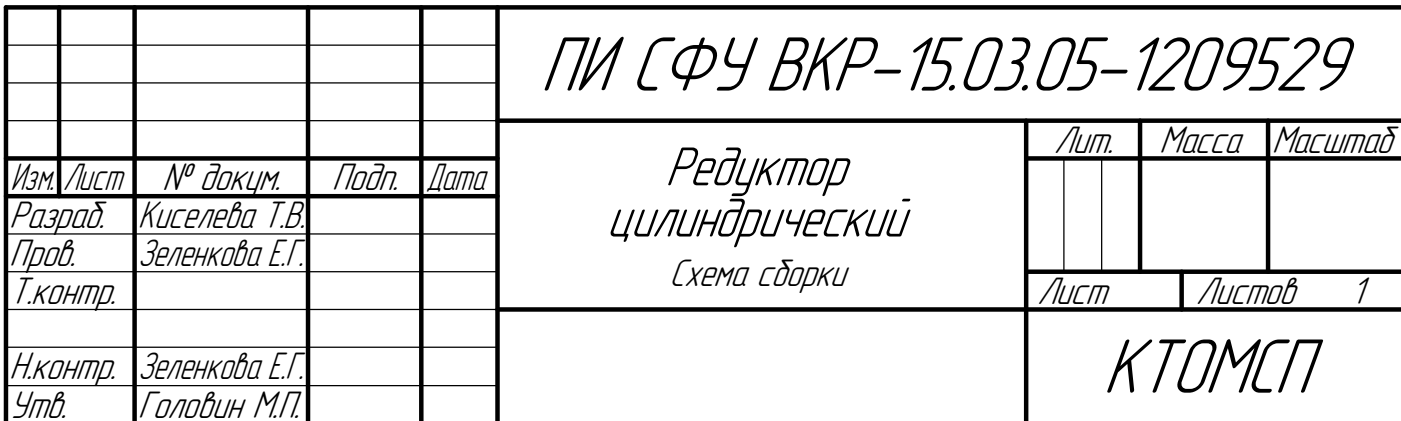
[illegible]

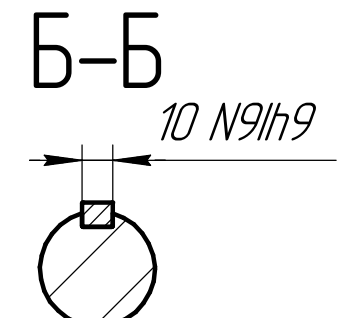
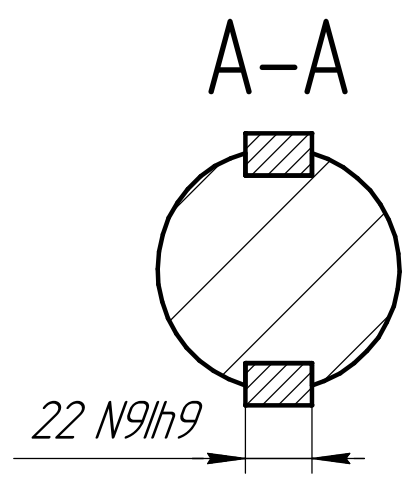
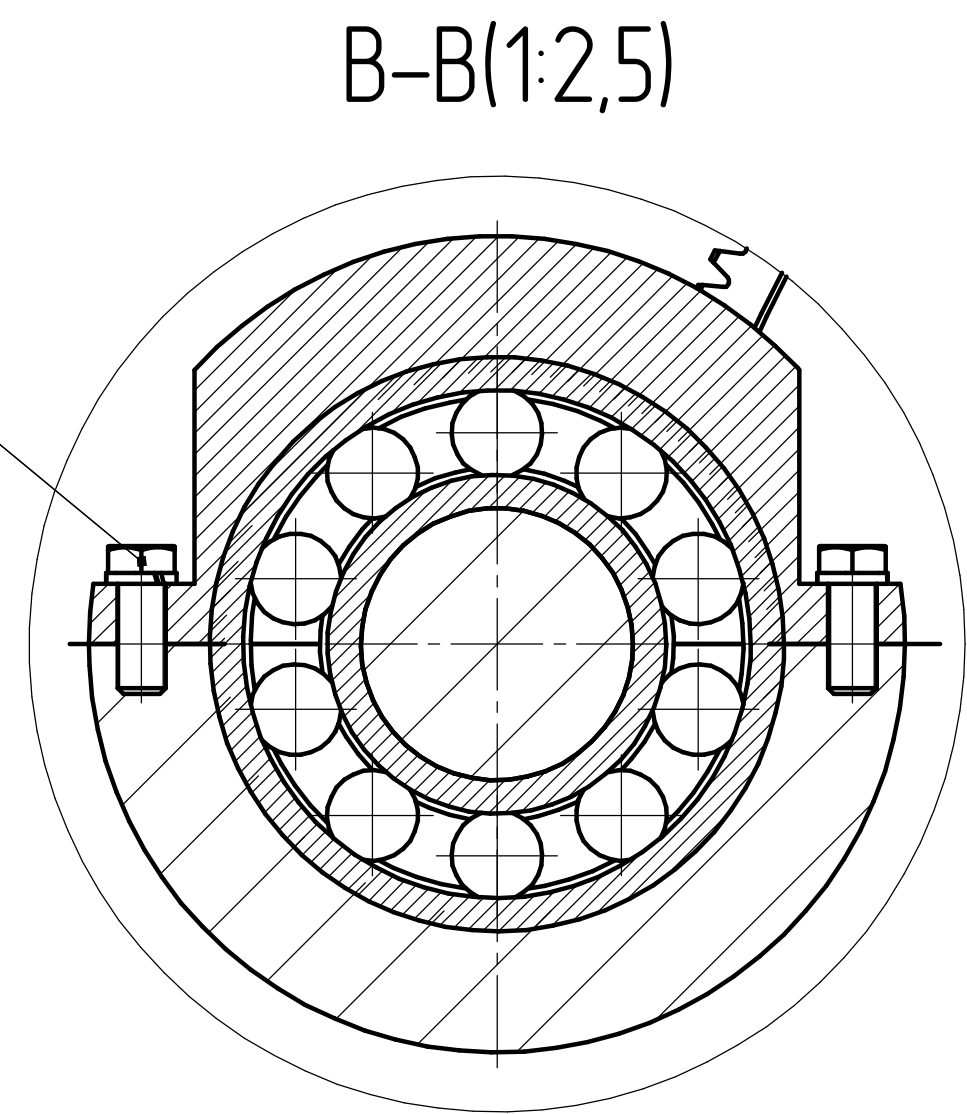
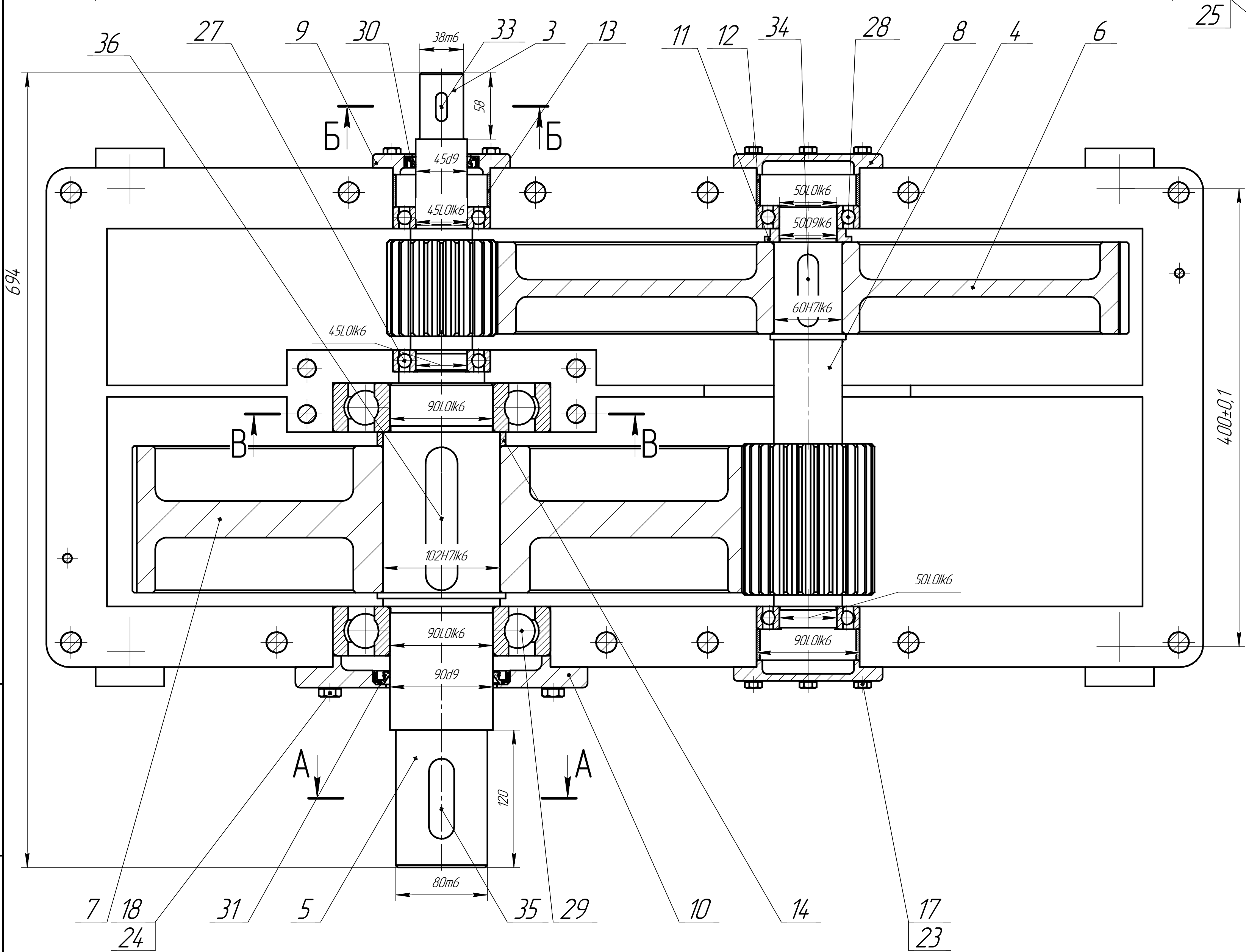
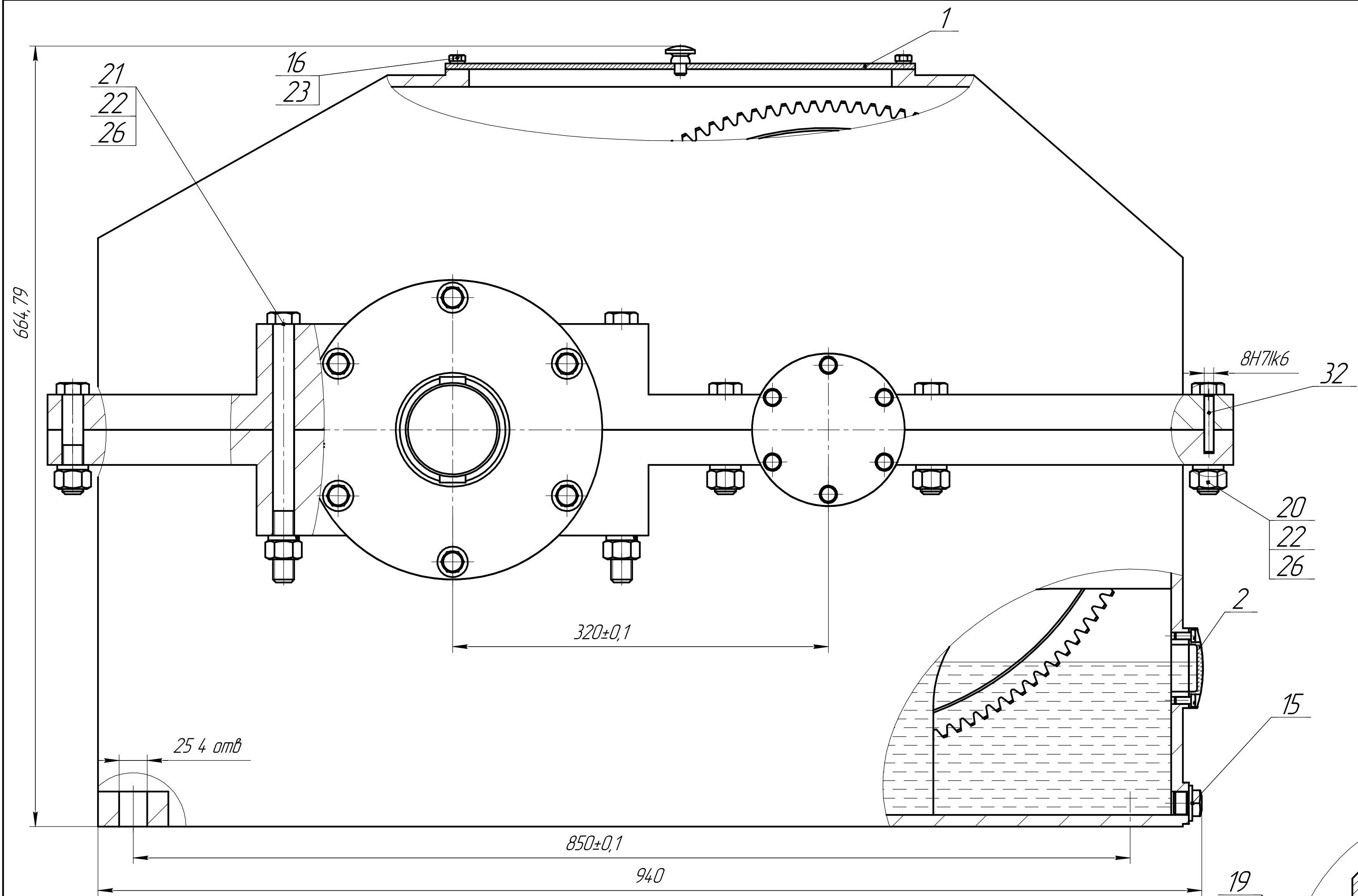
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																			1
Разраб.	Киселева Т.В.			КТМСП			ВКР 15.03.05-1209529			ПИ СФУ									
Провер.	Зеленкова Е.Г.																		
Принял																			
Утверд.																			
Н. контр.	Зеленкова Е.Г.						Корпус									010			
К.Э.																			



1. Отливку отжечь
2. Обработку размеров представленных в [] проводить совместно с крышкой.
3. Обработку мест под галочки болтов (гаек) проводить до чистой поверхности.
4. Формовочные уклоны- 3°, не указанные литейные радиусы - 3..5 мм.
5. h14, H14, IT±14/2.
6. Поверхность корпуса очистить и окрасить маслястойкой краской.

ПН СФУ ВКР-15.03.05-1209529				Корпус редуктора			Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дат.	112,5		1:1		
Разраб.	Кузнецова Т.В.				Лист		Листов 1		
Проб.	Зеленкова Е.Г.				Лист		Листов 1		
Т.контр.					Лист		Листов 1		
Н.контр.	Зеленкова Е.Г.				Лист		Листов 1		
Утв.	Галадин М.П.				Лист		Листов 1		

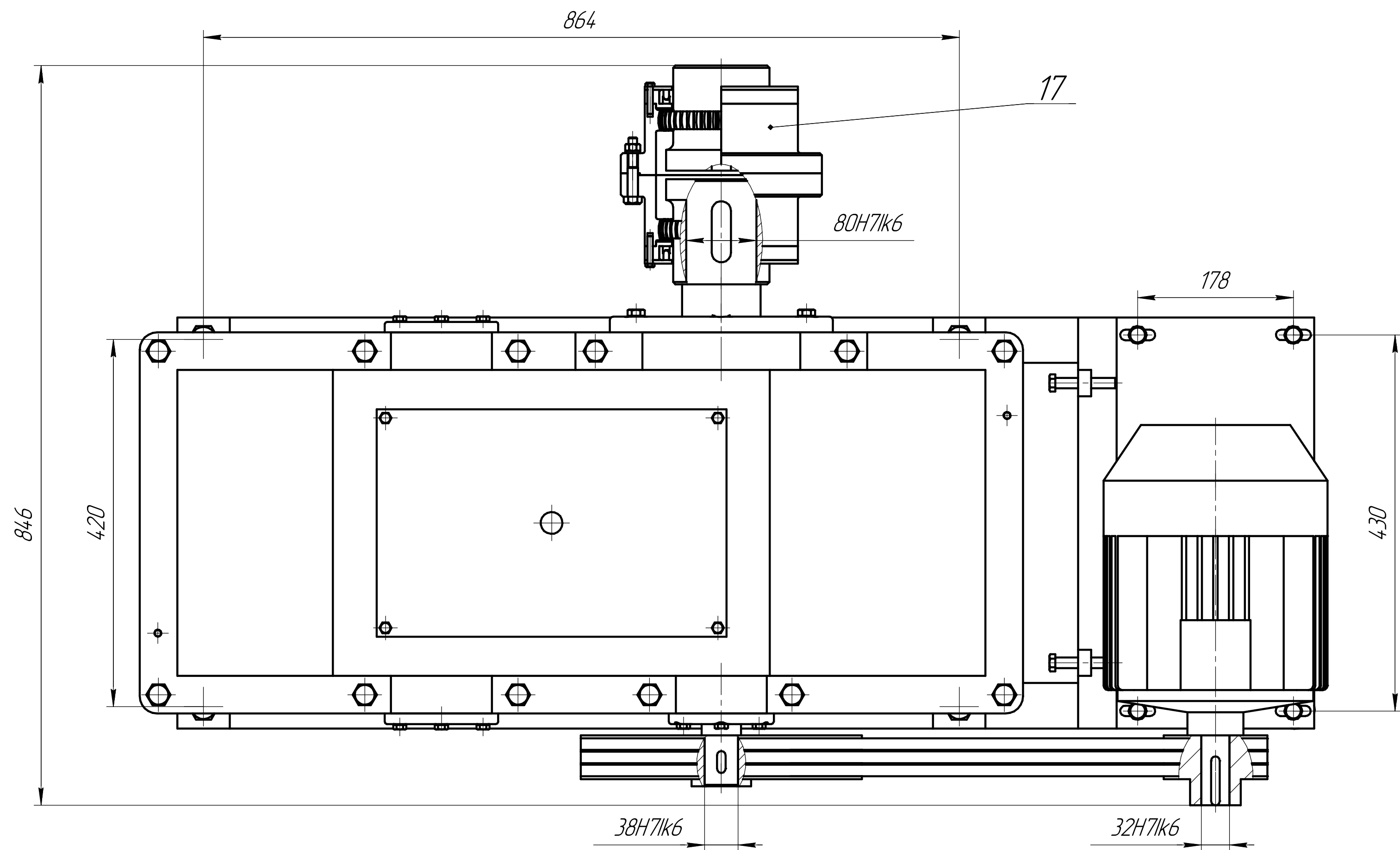
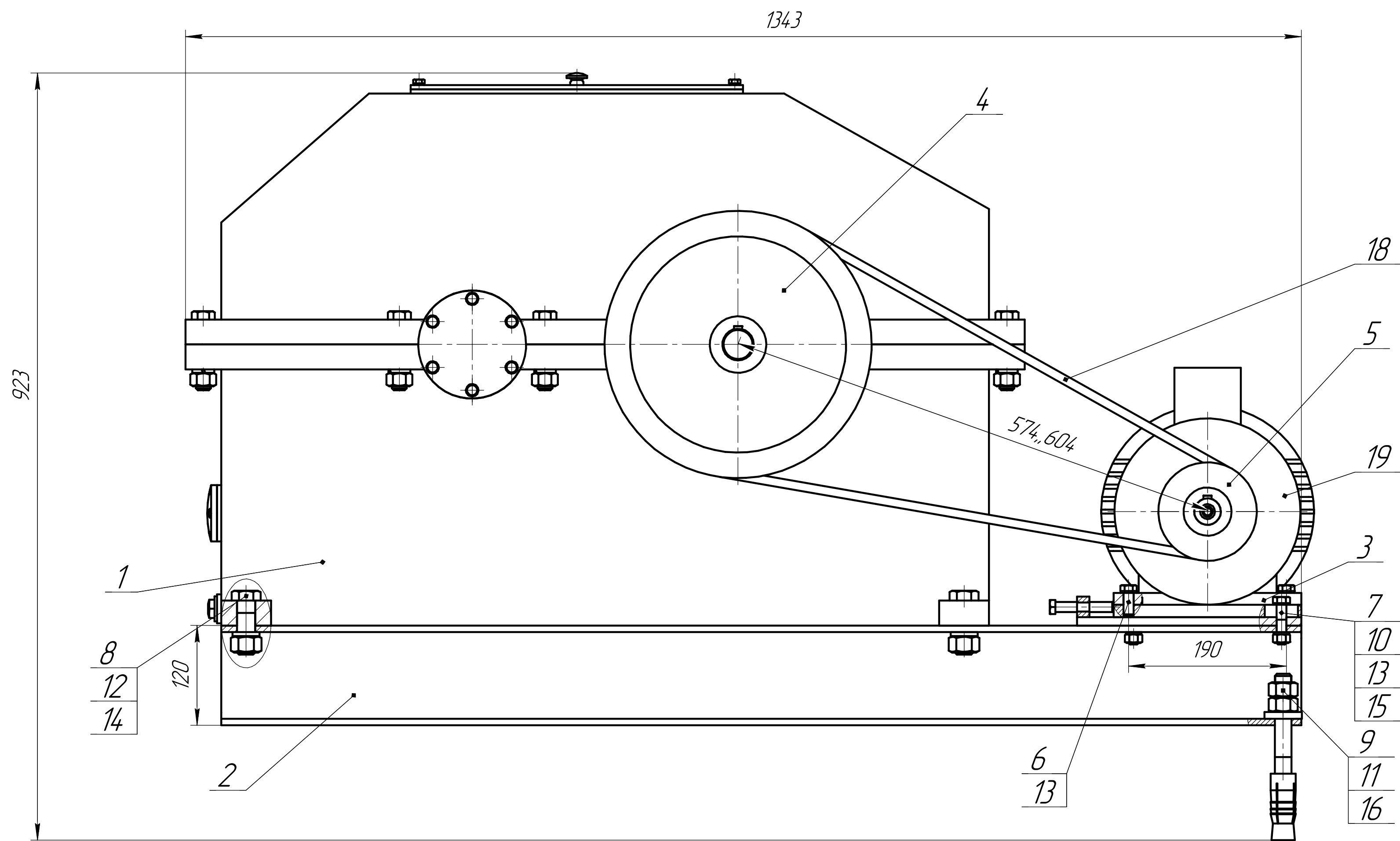




Технические характеристики		
1. Номинальный крутящий момент на выходном валу, (Н*м)	2727	
2. Частота вращения выходного вала, (об/мин)	331	
3. Общее передаточное число редуктора	315	
-тихоходной пары	5	
-быстроходной пары	6,3	
4. Расчетный срок службы, час	5000	

- Технические требования
- После сборки валы редуктора должны свободно проворачиваться от руки.
 - В редуктор залить масло И-Г-А 32 ГОСТ 20799-75 до требуемого уровня.
 - Внутреннюю необработанную поверхность корпуса и крышки покрасить маслястойкой краской, а снаружи серой нитрозмалью.
 - Плоскость разъема крышки редуктора и основания корпуса предварительно покрыть пастой - герметик.

ПМ СФУ ВКР-15.03.05-1209529СБ			
Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Киселева В.		
Проб.	Зеленкова Е.Г.		
Г.контр.			
И.контр.	Зеленкова Е.Г.		
Утв.	Голобин М.П.		
Редуктор		Лист	Масса
		492,1	1,25
		Листов	1
		КТМСП	



Техническая характеристика

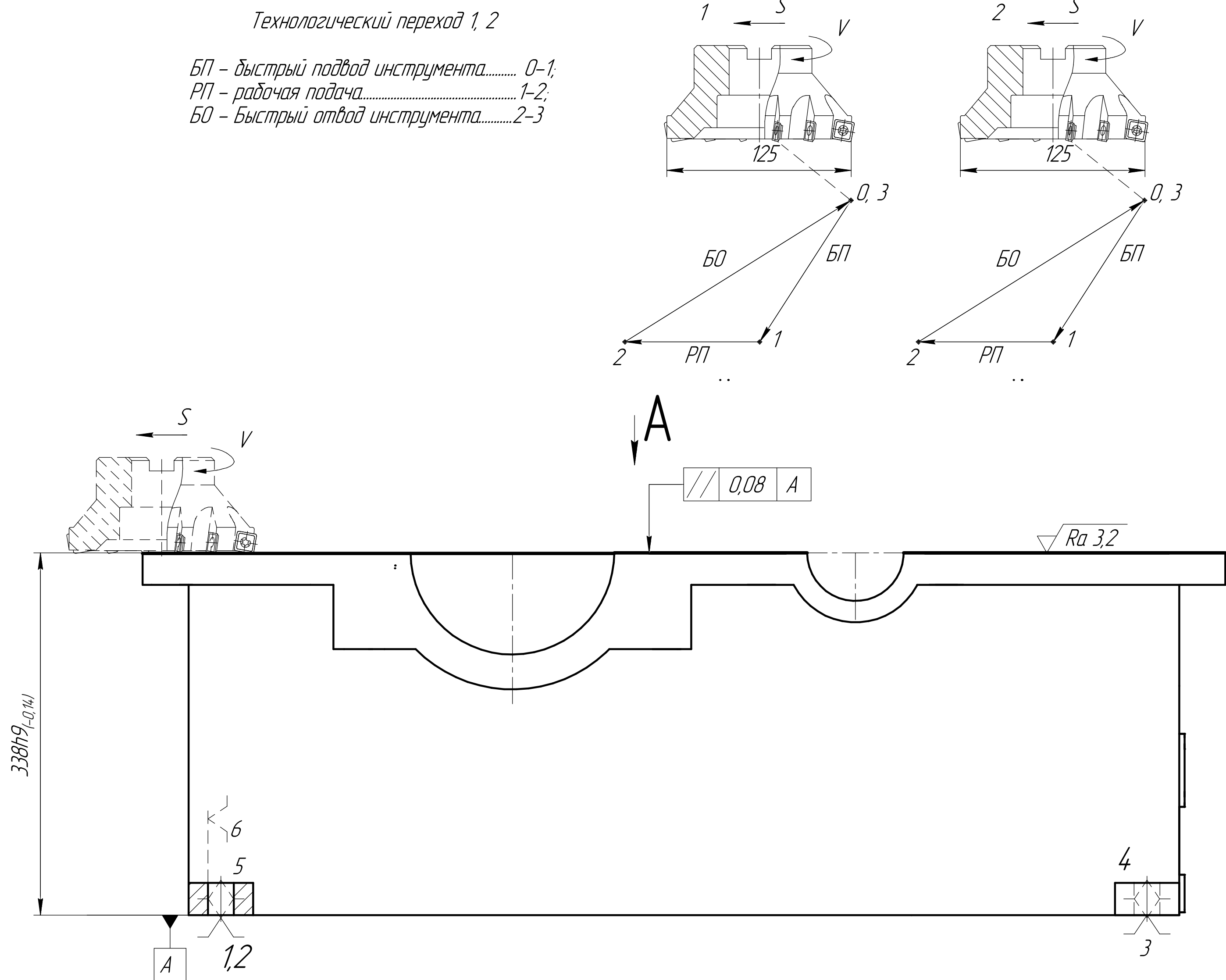
1. Электродвигатель АИР112МВ6 ТУ 16-525.564-84.
2. Передаточное число ременной передачи $i_p=2,87$.
3. Передаточное число редуктора 31,5.
4. Передаточное число привода $i_{пр}=90,5$.
5. Крутящий момент на выходном валу $T_{вых}=2727$ Нм.
6. Частота вращения на выходном валу 10,5 об/мин.
5. КПД привода $\eta_{пр}=0,876$.

Технические требования

1. Натяжение ремня проводить натяжным механизмом поз. 3.
2. Перекос и осевое смещение средних рабочих плоскостей шкивов не более 0,6/100 мм/мм; ± 1 мм.
3. Перед эксплуатацией ременную передачу закрыть кожухом (условно не показан).
4. Привод обкатать на холостом ходу в течение 2^х-3^х часов.

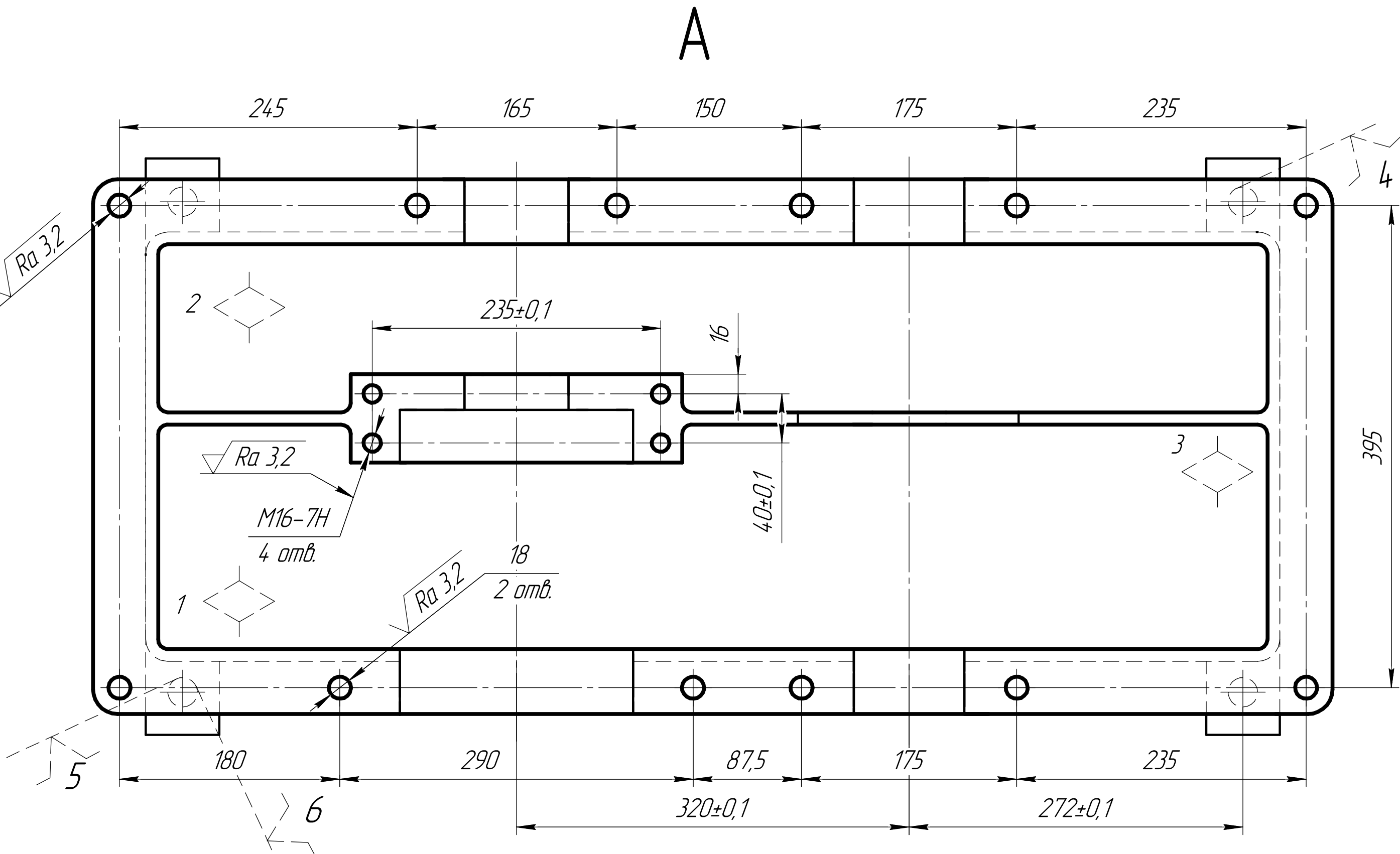
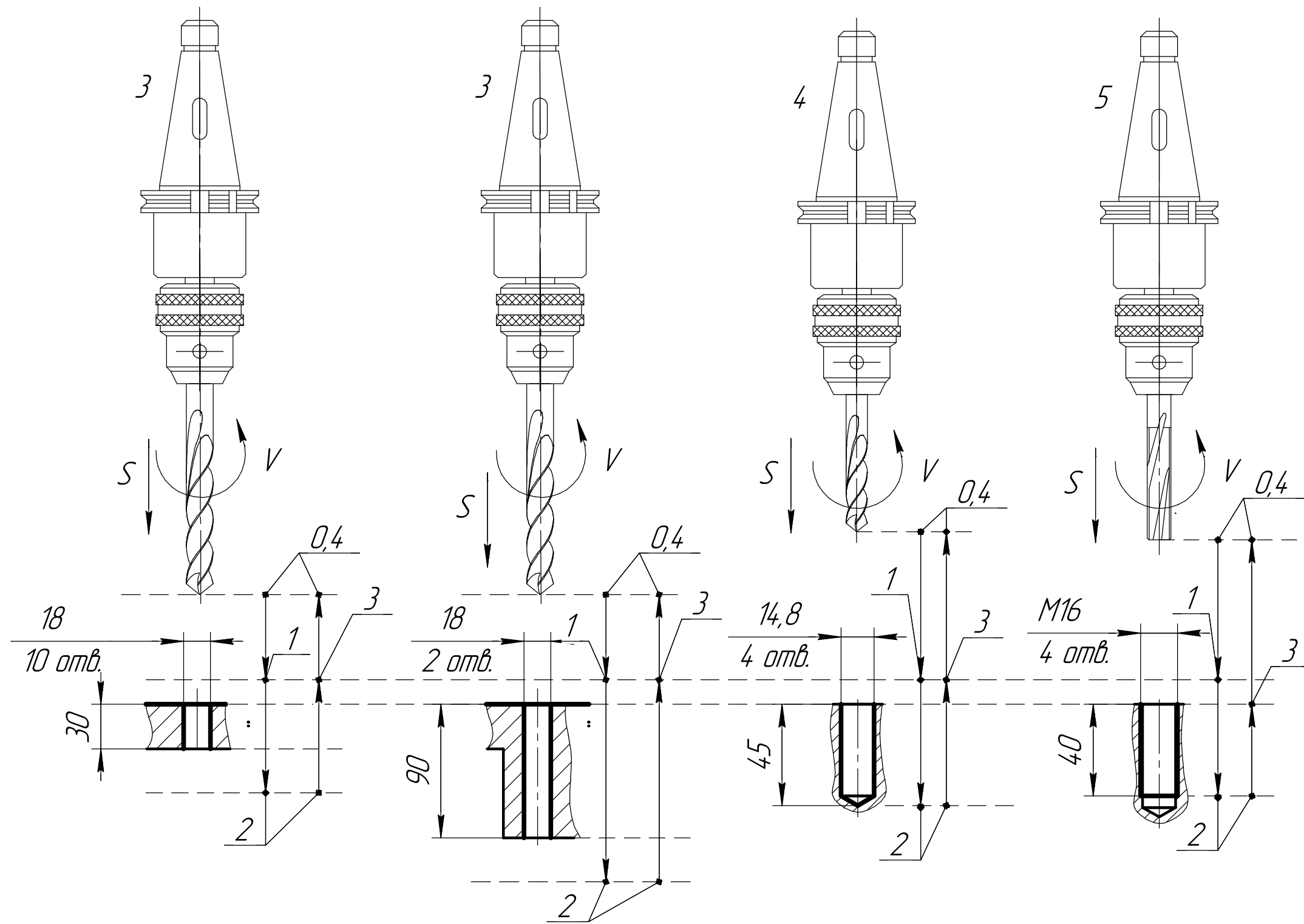
				ПИ СФУ ВКР-15.03.05-1209529СБ			
				Привод			
				Лист	Масса	Масштаб	
					665,92	1:4	
				Лист	Листов	1	
				КТМСП			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
Разраб.	Зеленкова Е.Г.						
Проб.	Зеленкова Е.Г.						
Т.контр.							
Н.контр.	Зеленкова Е.Г.						
Утв.	Галадин М.П.						

005 Фрезерно-сверлильная (фрезерный ОЦ Haas VF-6/40)



Сводная таблица используемого инструмента и режимов резания.

Переход	№ инстр.	Инструмент	Режимы резания			
			t, мм	S, мм/об	n, об./мин.	V, м./мин.
1. Фрезеровать предварительно плоскость разъема, выдерживая размер 338h9(-0,14) мм и 30 мм.	1	Фреза торцовая черная Seco R22053-0080-09-5C; пластины черные Seco SEMX09T3AFIN-ME06MP2500	1,3	0,2	280	110
2. Фрезеровать окончательно плоскость разъема, выдерживая размер 338h9(-0,14) мм и 30 мм.	2	Фреза торцовая чистая Seco R22053-0100AL-09-8CA; пластины чистые Seco SEEX09T3AFIN-M08MK1500	0,2	0,2	600	235
3. Сверлить 10 отв. 18, выдерживая размеры 245 мм, 165 мм, 150 мм, 175 мм, 235 мм, 180 мм, 175 мм, 235 мм, 272±0,1 мм, 320±0,1 мм	3	Сверло Seco Feedmax SD205A-18.0-56-12R1-M	9	0,23	1600	95
4. Сверлить 2 отв. 18, выдерживая размеры 290 мм, 272±0,1 мм, 320±0,1 мм.	3	Сверло Seco Feedmax SD205A-18.0-56-12R1-M	9	0,23	1600	95
5. Сверлить 4 отв. 14,8 под резьбу M16, выдерживая размеры 16 мм, 235±0,1 мм, 40±0,1 мм, 272±0,1 мм, 320±0,1 мм.	4	Сверло Seco Feedmax SD205A-14.8-56-12R1-M	7,4	0,23	1600	102
6. Нарезать резьбу M16-7H в 4-х отверстиях	5	Резьбофрезер Seco Feedmax TM-M16X15ISO-10R1	8	0,1	650	68



ПИ СФУ ВКР-15.03.05-1209529 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Карта наладки						1:2,5
оп. 005 Фрезерно-сверлильная				Лист	Листов	1
КТМСП						